

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления фланца

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A61	Лю Синь		05.06.2020 г

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШНПТ	Козлов В.Н.	к.т.н.		05.06.2020 г

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук И.В.	к.т.н. доцент		05.06.2020 г

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД ОБД	Сечин А.И.	д.т.н. профессор		05.06.2020 г

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 «Машиностроение»	Ефременков Е.А.	к.т.н.		

Результаты обучения

Код результата	Результат обучения*
Общие по направлению подготовки (специальности)	
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.

Профиль 3 (Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств)	
P11	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
P12	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ Ефременков Е.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
154A61	Лю Синь

Тема работы:

Разработка технологического процесса изготовления фланца
Утверждена приказом директора (дата, номер) 28.02.2020 №59-67/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020 г
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Чертёж детали «Фланец», годовая программа выпуска
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Анализ чертежа и технологичности детали, разработка маршрута обработки, определение типа производства, составление операционных эскизов и содержание всех технологических переходов, размерный анализ ТП, расчет припусков и технологических размеров, расчет режимов резания для каждого перехода и штучно-калькуляционного времени на каждую операцию, конструирование специального приспособления для одной операции. Разработка вопросов финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения, социальной ответственности
Перечень графического материала	Чертежи детали и заготовки формата А4 и А3, карты технологического процесса изготовления детали формата А1, плакат размерного анализа формата А1 или А2, чертёж приспособления формата А2 или А3

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технологический и конструкторский	Козлов В.Н.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук И.В.
Социальная ответственность	Сечин А.И.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.12.2019 г
---	--------------

Задание выдал руководитель/консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Козлов В.Н.	к.т.н.		16.12.2019 г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A61	Лю Синь		16.12.2019 г

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 125 страниц пояснительной записки и 65 страниц приложения, 60 таблиц, 49 рисунка, 12 источников, 3 листа графического материала формата A1, 4 лист графического материала формата A2, 2 листа графического материала формата A3, 1 лист графического материала формата A4 и 3 листа спецификации.

Ключевые слова: фланец, технологический процесс обработки, размерный анализ, режимы резания, самоцентрирующая оправка.

Key words: flange, master schedule of machining, dimensional analysis, cutting mode, calculation of attachment.

Актуальность работы определяется необходимостью иметь технологический процесс изготовления конкретной детали «Фланец» на производстве с использованием спроектированного в работе приспособления.

Объектом исследования является технология изготовления детали «Фланец».

Цели и задачи исследования: создание эффективного маршрута технологического процесса изготовления детали «Фланец».

В работе изложено обоснование выполнения ВКР, выполнен анализ чертежа детали и её технологичности, определен тип производства, описан принцип выбора заготовки в соответствие с её материалом и серийностью производства, выполнен чертёж заготовки, разработан маршрут обработки детали с представлением операционных эскизов и описанием переходов по каждой операции, рассчитаны припуски на обработку и технологические размеры, выполнен размерный анализ техпроцесса с уточнением технологических размеров, рассчитаны режимы резания для каждого технологического перехода и требуемая мощность оборудования для каждой операции, назначена модель станка, рассчитано время выполнения каждой операции.

В конструкторской части работы выполнен расчёт усилия для закрепления заготовки и спроектировано механизированное приспособление с пневмоприводом. В работе также выполнен экономический анализ оценки деловой привлекательности представленной разработки, рассмотрены вопросы организации рабочего места на механическом участке.

THE ABSTRACT

The final qualifying work (Diploma Thesis) contains 125 pages of explanatory notes and 65 pages of appendix, 60 tables, 46 figures, 12 references, 3 sheets of graphic material in A1 format, 4 sheet of graphic material in A2 format, 2 sheets of graphic material in A3 format, 1 sheet of graphic material in A4 format and 3 sheet of specification.

Key words: flange, master schedule of machining, dimensional analysis, cutting mode, self centering mandrel.

The relevance of the work is determined by the need to have a technological process for manufacturing a specific part "Flange" in production using a device designed in the work.

The object of research is the manufacturing technology of part "The flange".

Goals and objectives of the research: creating an effective route for the manufacturing process of the part "The flange".

The paper presents the rationale for the implementation of Diploma Thesis, the analysis of the drawing of the part and its technology, the type of production, the principle of selection of procurement in accordance with its material and serial production, carried out a drawing of the initial workpiece, the route processing of detail with operational sketches and descriptions of transitions for each operation, calculated allowances for processing and technological dimensions, is made dimensional analysis of the process with the specification of the technological dimensions, the cutting modes for each technological transition and the required power of the equipment for each operation are calculated, the machine model is assigned, and the execution time for each operation is calculated.

In the design part of the work, the force calculation for fixing the workpiece was performed and a mechanized device "The self centering mandrel" with a pneumatic drive was designed. The paper also provides an economic analysis of the assessment of the business attractiveness of the presented development, and considers the issues of workplace organization at the mechanical site.

Оглавление

Введение.....	11
1.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	13
1.1 Анализ чертежа детали и её технологичности.....	15
1.2 Расчёт серийности и выбор заготовки.....	16
1.3 Разработка содержания операций.....	17
1.4 Расчет припусков на обработку.....	22
1.5 Расчет технологических размеров.....	28
1.6 Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали.....	37
1.6.1 Определение допусков на технологические размеры.....	37
1.6.2 Проверка обеспечения точности конструкторских размеров.....	38
1.6.3 Размерные цепи на конструкторские размеры, которые не выдерживаются непосредственно.....	39
1.7 Расчет режимов и мощности резания.....	53
1.7.1 Токарная обработка.....	53
1.7.2 Сверлильная обработка.....	58
1.7.3 Шлифовальные операции.....	60
1.8 Нормирование технологических операций.....	62
1.8.1 Расчет основного времени.....	62
1.8.2 Расчет вспомогательного времени.....	64
1.8.3 Расчет оперативного времени.....	65
1.8.4 Расчет времени на обслуживание рабочего места.....	66
1.8.5 Расчет времени на отдых.....	67
1.8.6 Расчет подготовительно-заключительного времени.....	67
1.8.7 Расчет штучного времени.....	68
1.8.8 Расчет штучно-калькуляционного времени.....	69
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	74
2.1 Выбор принципа работы разжимной оправки.....	74
2.2 Расчет моментов сил резания и трения.....	81
2.3 Расчет резьбы на тяге оправки и усилия закрепления заготовки.....	82
2.4 Расчет условия самоторможения клина и внутреннего диаметра пневмокамеры.....	85
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	89

Задание.....	89
Введение.....	90
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	90
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	90
3.1.2 SWOT - анализ.....	91
3.2 Планирование научно - исследовательских работ.....	93
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	93
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	94
3.3 Бюджет научно - технического исследования.....	97
3.4 Расчет материальных затрат научно - технического исследования.....	97
3.5 Расчет амортизации специального оборудования.....	97
3.6 Основная заработная плата исполнителей темы.....	98
3.7 Отчисления во внебюджетные фонд (страховые отчисления).....	99
3.8 Накладные расходы.....	99
3.9 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	100
Выводы по разделу.....	102
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	103
Задание	103
Введение.....	105
4.1 Анализ условий труда на рабочем месте.....	105
4.1.1 Анализ показателей микроклимата.....	106
Метеоусловия.....	106
4.1.2 Вредные вещества.....	108
4.1.3 Анализ показателей шума.....	109
4.1.4 Анализ освещенности рабочей зоны.....	110
4.1.5 Анализ показателей электромагнитного загрязнения.....	114
4.2 Анализ электробезопасности.....	115
4.3 Анализ пожарной и взрывной безопасности.....	117
4.4 Экологическая безопасность.....	119
4.5 Защита в ЧС.....	120

4.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	121
Заключение.....	123
Список литературы.....	124
Приложение А (обязательное).....	126
Расчет режимов резания и нормирование техпроцесса	
Приложение Б (обязательное).....	152
Расчёт исполнительных размеров штамповки	
Приложение В (справочное).....	172
Эскиз шпинделя токарного станка	
Приложение Г(обязательное).....	175
Чертёж детали	
Приложение Д(обязательное).....	177
Комплексная схема обработки	
Приложение Е(обязательное).....	180
Граф технологических размеров	
Приложение Ж(обязательное).....	182
Чертёж заготовки	
Приложение И (обязательное).....	184
Карта технологического процесса	
Приложение К (обязательное).....	188
Чертеж разжимной оправки	
Приложение Л (обязательное).....	190
Спецификация	
Приложение М (обязательное).....	192
Сборочный чертеж разжимной оправки с пневмокамерой	
Приложение Н (обязательное).....	194
Спецификации	

Введение

Машиностроение является ключевой отраслью в индустриальном обществе, уровень её развития показывает экономическую мощь страны и военный потенциал. При переходе в информационное общество машиностроение не потеряло своей ключевой роли, так как именно разработка и создание средств производства обеспечивает экономическую независимость и безопасность государства.

В технологии машиностроения развитие происходит по следующим направлениям:

- повышение возможностей, качества и экономичности средств технологического оснащения (использование высокопроизводительных станков, точных и надёжных приспособлений, инструментов с повышенной производительностью и стойкостью и т. д.);
- создание максимально эффективных маршрутов технологических процессов;
- использование эффективной системы управления и планирования производства;
- комплексная автоматизация производства, включающая в себя разработку конструкций изделий, технологическое проектирование, календарное планирование и др.

Актуальность темы дипломного проекта определяется необходимостью разработки технологии изготовления детали «Фланец» для последующего изготовления этой детали в серийном производстве. Фланец - это плоская деталь с поверхностями вращения, имеющая равномерно расположенные отверстия для её закрепления в корпусе механизма или узла с помощью болтов или шпилек, имеющая сопрягаемые поверхности для её крепления в корпусе механизма и для установки в ней других деталей, например, подшипников.

Целью данной работы является разработка необходимых документов и выполнение расчётов для организации производства по изготовлению детали, выданной предприятием, на котором планируется её обработка.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задачи: выбор заготовки, рациональных способов обработки, оборудования и режущих инструментов, составление технологического процесса, выполнение размерного анализ техпроцесса, расчёт режимов резания и норм времени изготовления детали, проектирование приспособлений и технологической оснастки для выполнения каждой операции, разработка вопросов финансового менеджмента и обеспечение безопасности работы.

Для выполнения поставленных задач выпускная квалификационная работа содержит следующие основные разделы:

1. Технологический;
2. Конструкторский;
3. Финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
4. Социальной ответственности.

В выпускной квалификационной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В дипломной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. Подробный технологический процесс разрабатывается для условий среднесерийного, крупносерийного и массового производства. Для каждой операции выполняется выбор оборудования с учётом возможности выполнения необходимых видов обработки, требуемой мощности, цены и доступности для приобретения.

При проектировании техпроцесса необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ чертежа и технологичности детали.
2. Определение типа производства и выбор исходной заготовки.
3. Разработка маршрута технологии изготовления детали.
4. Расчет припусков и допусков, продольных и диаметральных технологических размеров.
5. Выбор средств технологического оснащения.
6. Выбор режущих и измерительных инструментов, расчёт режимов резания для каждого перехода, требуемой мощности станка.
7. Расчёт времени на обработку для каждой операции.
8. В конструкторской части необходимо разработать принципиальную расчетную схему приспособления для второй операции, рассчитать требуемое усилия закрепления заготовки, спроектировать приспособление.

Основой для проектирования технологического процесса является чертёж или эскиз детали (рис. 1.1), её вес $Q_d = 2,46$ кг и годовая программа выпуска – 2 000 шт.

1.1. Анализ чертежа детали и её технологичности

Эскиз детали (Рис. 1.1) содержит все необходимые виды и разрезы для понимания конструкции детали. На эскизе детали имеются все необходимые размеры, указана их точность и требуемая шероховатость, которая соответствует указанной точности каждой поверхности. Указанные отклонения точных размеров соответствуют стандарту ISO.

На поверхности назначены относительно грубые допуски, что позволяет использовать обычное оборудование и простые измерительные инструменты (штангенциркуль). Наличие точных отверстий $\varnothing 62H7^{(+0,03)}$, $\varnothing 54K7^{(+0,009}_{-0,021})$, и точной наружной поверхности $\varnothing 80h7_{(-0,03)}$, а так же их малой шероховатости $R_a \leq 1,25$ мкм ($\sqrt{R_a 1,25}$) подразумевает применение чистовых операций, обеспечивающих получение высокой точности размеров. Предпочтительный вид обработки – шлифование, но при использовании станка с ЧПУ выше указанную точность можно получить чистовым растачиванием и точением.

Радиальное биение поверхности $\varnothing 62H7$ относительно базовой поверхности $\varnothing 80h7$ не должно превышать 0,01 мм, поэтому необходимо использовать цанговый патрон или разжимную оправку для закрепления за отверстие $\varnothing 62H7$ при обработке поверхности $\varnothing 80h7$.

Радиальное биение поверхности $\varnothing 54K7$ относительно базовой поверхности $\varnothing 62H7$ не должно превышать 0,005 мм, поэтому желательно обрабатывать эти поверхности в одном установе при закреплении в цанговом патроне за поверхность $\varnothing 80h7$ (или $\varnothing 80,5h9$).

В техпроцессе необходимо назначит термическую операцию, после которой необходимо окончательно обработать поверхности $\varnothing 62H7$, $\varnothing 54K7$ и $\varnothing 80h7$. До закалки необходимо просверлить три отверстия $\varnothing 10H14$ и зенковать в них отверстия $\varnothing 13H14$.

В целом деталь технологична, но требует использования точных станков при окончательной обработке.

1.2. Расчёт серийности и выбор заготовки

Программа выпуска деталей составляет 2000 штук.

Исходя из данных предприятий при обработке деталей типа “Фланца” удельная трудоемкость $q_{\phi} = 13$ мин/кгс . Рассчитываем трудоёмкость обработки нашего фланца весом 2,46 кг:

$$T_{\text{ШТ-К}} = q_{\phi} \cdot Q_{\text{д}} = 13 \times 2,46 = 31,98 \text{ мин.}$$

Исходя из опыта предприятия предварительно определяем, что технологический процессе (ТП) фланца содержит 7 механообрабатывающих операций, поэтому средняя продолжительность операций

$$t_{\text{ШТ-К ср}} = \frac{31,98}{7} = 4,57 \text{ мин}$$

Такт выпуска деталей определяется по формуле $t_{\text{в}} = \frac{60\Phi_{\text{д}}}{N}$, где $\Phi_{\text{д}}$ – фонд времени в планируемый период, ч; N – годовой объем выпуска деталей. При двусменном режиме работы при использовании станков весом от 1 до 10 т $\Phi_{\text{д}} = 4015$ ч. Тогда

$$t_{\text{в}} = \frac{60 \cdot 4015}{2000} = 120,45 \text{ мин}$$

Рассчитываем коэффициент закрепления операций при обработке нашего фланца

$$K_{\text{з.о}} = \frac{t_{\text{в}}}{t_{\text{ШТ-К ср}}} = \frac{120,45}{4,57} = 26,4$$

Так как $20 \leq K_{\text{з.о.}} = 26,4 \leq 40$, то тип производства мелкосерийный, но близкий к среднесерийному. Это позволяет использовать штампованные или литые исходные заготовки при больших перепадах диаметров (более 10-20 мм).

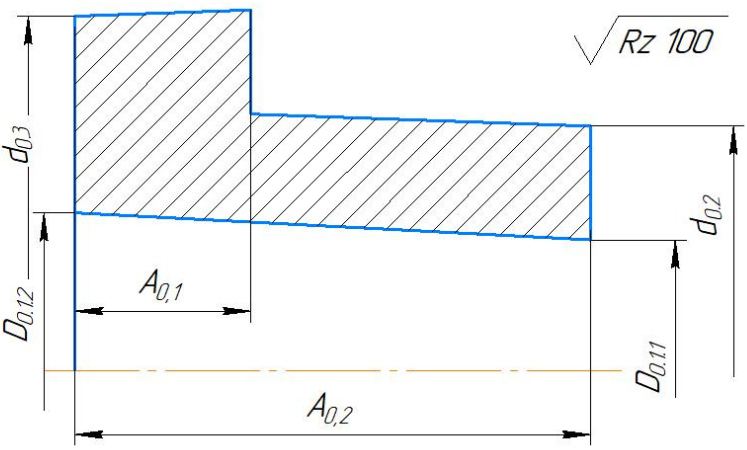
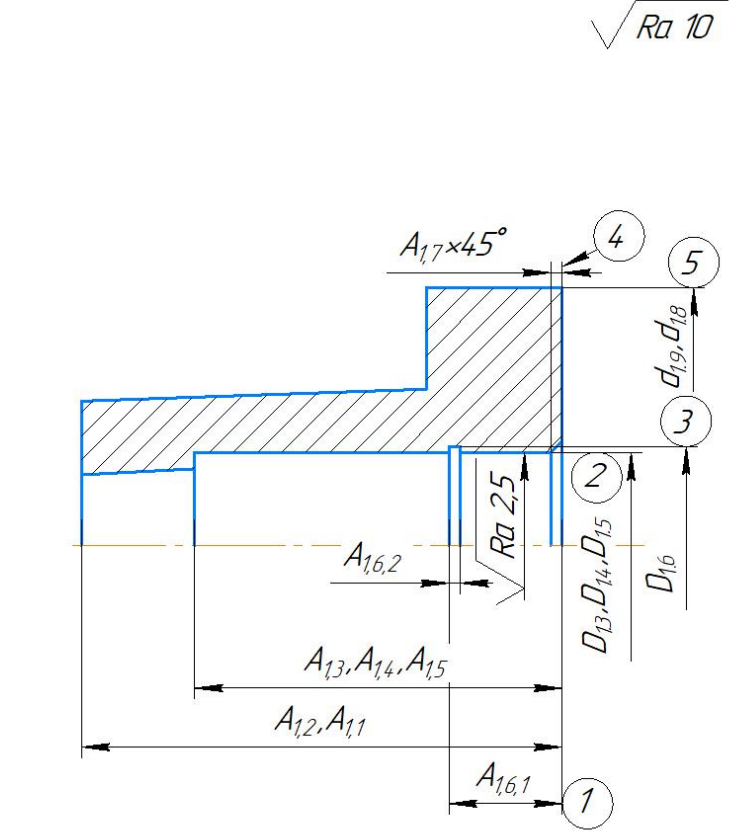
На чертеже обозначен материал детали – сталь 40Х. При среднесерийном производстве предпочтительный способ получения исходной стальной заготовки – штамповка с получением контура исходной

заготовки близкого к контуру детали, т.к. имеется большой перепад диаметров наружных поверхностей ($\varnothing 120$ и $\varnothing 80$). Наличие двух соосных центральных отверстий достаточно большого диаметра ($\varnothing 62$ и $\varnothing 54$) вынуждает при штамповке выполнять прошивку этих отверстий для экономии материала и уменьшения времени на обработку этих отверстий.

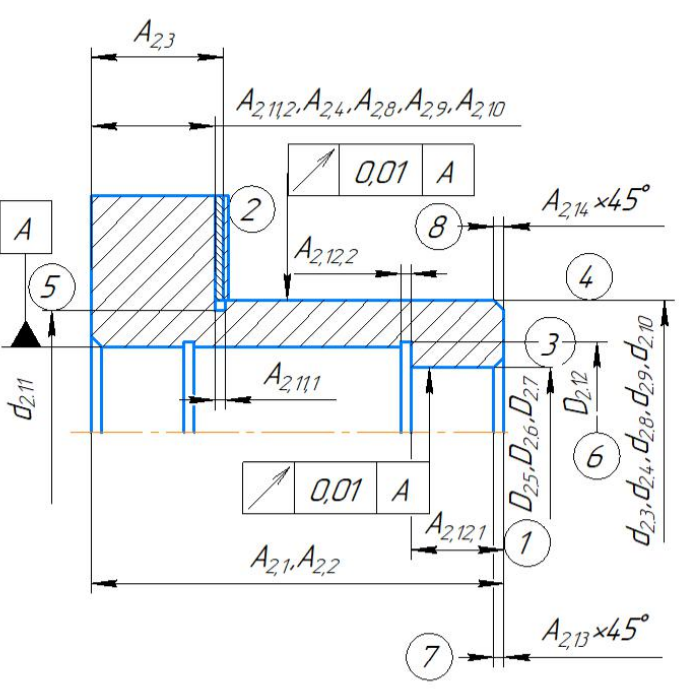
1.3. Разработка содержания операций

Маршрут технологии изготовления детали типа «Фланец » представлен в таблице 1.3.1 Предварительный маршрут включает в себя операционные эскизы, схемы базирования заготовки, выдерживаемые технологические размеры, описание переходов.

Таблица 1.3.1 – Маршрут обработки

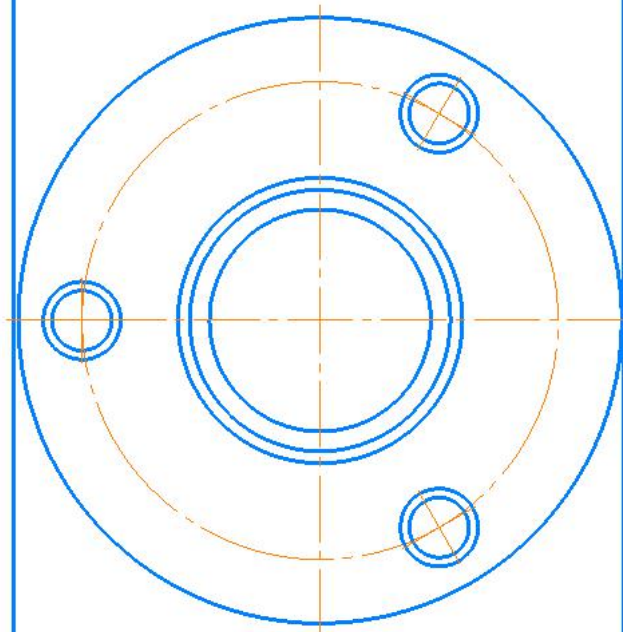
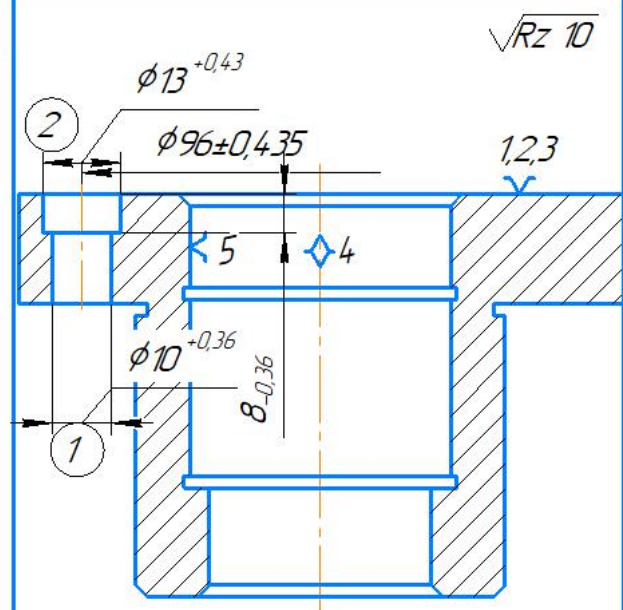
Название операции и ее содержание	Операционный эскиз
<p>Операция 0 (заготовительная) Штамповка</p>	
<p>Операция 1 (Токарная с ЧПУ)</p> <p>0. Установить и снять заготовку на разжимную оправку.</p> <p>1. Обточить торец (1) выдерживая размер A_{11}.</p> <p>2. Обточить торец (1) выдерживая размер A_{12} окончательно.</p> <p>3. Расточить отверстие (2) до диаметра D_{13} (H15) выдерживая размер A_{13}.</p> <p>4. Расточить отверстие (2) до диаметра D_{14} (H12) выдерживая размер A_{14}.</p> <p>5. Расточить отверстие (2) до диаметра D_{15} (H9) выдерживая размер A_{15}.</p> <p>6. Расточить канавку (3) диаметром D_{16} выдерживая размер $A_{16.1}$ и $A_{16.2}$.</p> <p>7. Расточить фаску (4) выдерживая размер A_{17}.</p> <p>8. Обточить наружный диаметр (5) до d_{18} на проход.</p> <p>9. Обточить наружный диаметр (5) до d_{19} на проход.</p>	

Продолжение таблицы 1.1

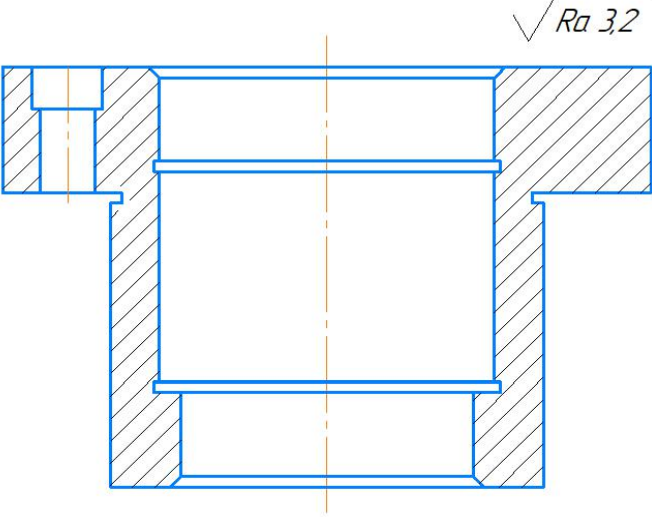
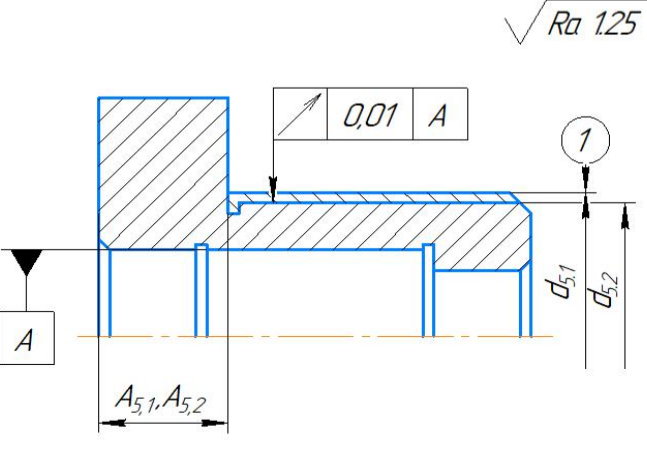
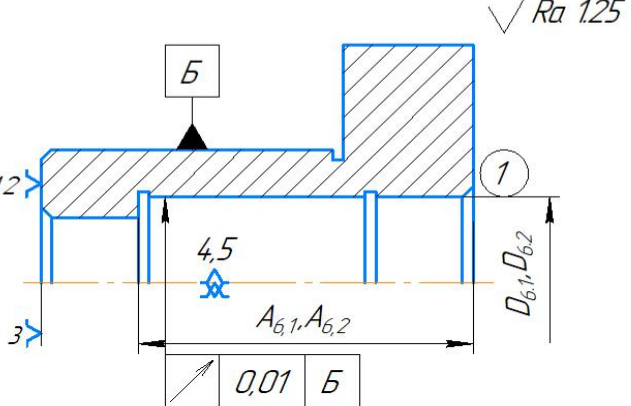
Название операции и ее содержание	Операционный эскиз
<p>Операция 2 (Токарная с ЧПУ)</p> <p>0. Установить и снять заготовку на разжимную оправку</p> <p>1. Обточить торец (1) выдерживая размер $A_{2,1}$.</p> <p>2. Обточить торец (1) выдерживая размер $A_{2,2}$.</p> <p>3. Подрезать торец (2) до диаметра $d_{2,3}$ выдерживая размер $A_{2,3}$.</p> <p>4. Подрезать торец (2) до диаметра $d_{2,4}$ выдерживая размер $A_{2,4}$.</p> <p>5. Расточить отверстие (3) до диаметра $D_{2,5}$ (H15) на проход.</p> <p>6. Расточить отверстие (3) до диаметра $D_{2,6}$ (H12) на проход.</p> <p>7. Расточить отверстие (3) до диаметра $D_{2,7}$ (H9) на проход.</p> <p>8. Обточить поверхность (4) до диаметра $d_{2,8}$ (h15), выдерживая размер $A_{2,8}$.</p> <p>9. Обточить поверхность (4) до диаметра $d_{2,9}$ (h12), выдерживая размер $A_{2,9}$.</p> <p>10. Обточить поверхность (4) до диаметра $d_{2,10}$ (h9), выдерживая размер $A_{2,10}$.</p> <p>11. Обточить канавку (5) до диаметра $d_{2,11}$ (h15), выдерживая размеры $A_{2,11,1}$ и $A_{2,11,2}$.</p> <p>12. Расточить канавку (6) до диаметра $D_{2,12}$, выдерживая размеры $A_{2,12,1}$ и $A_{2,12,2}$.</p> <p>13. Расточить фаску (7) выдерживая размер $A_{2,13}$.</p> <p>14. Обточить фаску (8), выдерживая размер $A_{2,14}$.</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 2,5}$</p> 

Операция 3
(Вертикально-сверлильная)

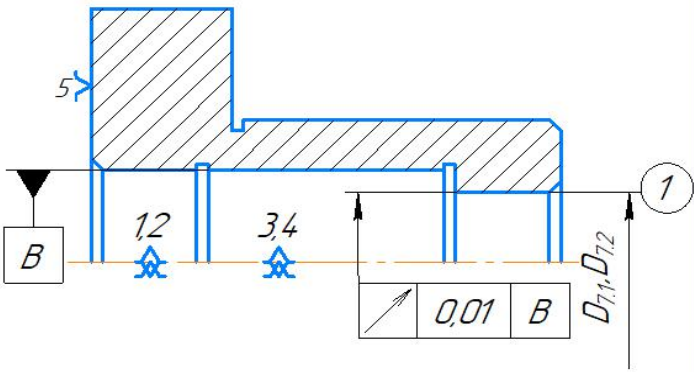
0. Установить и снять деталь. Установить кондукторную плиту.
1. Сверлить (1) на проход поочередно 3 отверстия, выдерживая размер $\phi 96 \pm 0,435$
2. Зенковать (2) поочередно 3 отверстия, выдерживая размеры $\phi 96 \pm 0,435$ и $8_{-0,36}$.



Продолжение таблицы 1.1

Название операции и ее содержание	Операционный эскиз
<p>Операция 4 (Термическая)</p> <p>Закалить и отпустить до HRC 42...46</p>	
<p>Операция 5 (Круглошлифовальная)</p> <p>0. Установить и снять деталь на разжимную оправку.</p> <p>1. Шлифовать поверхность (1) предварительно диаметр $d_{5,1}$ выдерживая размер $A_{5,1}$</p> <p>2. Шлифовать поверхность (1) окончательно диаметр $d_{5,2}$ выдерживая размер $A_{5,2}$</p>	
<p>Операция 6 (Внутришлифовальная)</p> <p>0. Установить и снять деталь.</p> <p>1. Шлифовать отверстие (1) до диаметра $D_{6,1}$ выдерживая размер $A_{6,1}$.</p> <p>2. Шлифовать отверстие (1) до диаметра $D_{6,2}$ выдерживая размер $A_{6,2}$.</p>	

Продолжение таблицы 1.1

<p><i>Операция 7</i> <i>(Внутришлифовальная)</i></p> <p><i>0. Установить и снять</i> <i>деталь на разжимную оправку.</i></p> <p><i>1. Шлифовать отверстие (1) до</i> <i>$D_{7,1}$ на проход.</i></p> <p><i>2. Шлифовать отверстие (1) до</i> <i>$D_{7,2}$ на проход.</i></p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 125}$</p> 
--	--

1.4. Расчет припусков на обработку

Расчет минимальных значений припусков для поверхностей типа «тело вращения» производим, пользуясь основной формулой (учитывая малую вероятность совпадения направления погрешность заготовки из-за коробления ρ_{i-1} и погрешности установки ε_i):

$$2Z_{min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

где: $2z_{min.i}$ – минимальный припуск на диаметр для рассматриваемой обработки, мкм; $R_{z.i-1}$ – шероховатость поверхности после предыдущей обработки, мкм; $T_{def.i-1}$ – толщина дефектного слоя после предыдущей обработки, мкм; ρ_{i-1} – погрешность заготовки из-за коробления (смещение) после предыдущей обработки, мкм; ε_i – погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой (во время рассматриваемой обработки).

Расчет минимальных значений припусков для тел вращения можно производить и с учетом совпадения направлений ρ_{i-1} и ε_i :

$$2Z_{min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$$

Расчет минимальных значений припусков для поверхностей не тел вращения производим с учетом совпадения направлений ρ_{i-1} и ε_i :

$$Z_{min.i} = R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i,$$

Суммарное значение R_z и T_d , характеризующее качество поверхности заготовок из штамповки определяем по справочнике [3]. Для каждого последующего технологического перехода эти значения определяем по справочнику [3].

Рассчитанные минимальные припуски и его составляющие записываем в табл. 1.4.1. После этого рассчитываем технологические размеры на обработку каждой поверхности, начиная от её конструкторского размера, результаты записываем в табл. 1.4.1. Округление величины технологического размера до десятых долей миллиметра выполняем в большую сторону для охватываемых размеров (валов), в меньшую – для охватывающих (отверстий).

Расчет припусков при обработке наружной цилиндрической поверхности Ø120h14(-0,87)

Расчет минимальных припусков на обработку наружной поверхности Ø120h14(-0,87) ведем путем составления табл. 1.4.1, в которую последовательно записываем этапы обработки поверхности по каждому переходу и все значения элементов припуска. Расчёты выполняем по уравнению, результат расчёта записываем в столбец 6.

- Минимальный припуск на диаметр при обдирке по 15 качеству в восьмом переходе 1-й операции:

$$2Z_{1.8 min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(100+300+400+200) = 2000 \text{ мкм};$$

Таблица 1.4.1 – Расчет минимальных припусков и технологических размеров

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2z_{\min}$, мкм	Допуск T , мкм	$d_{\text{пр}}$, мм	Предельный размер, мм	
	R_z , мкм	$T_{\text{деф}}$, мкм	ρ , мкм	ε , мкм				d_{\min} , мм	d_{\max} , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Обточка Ø120h14(-0,87)									
Штамповка (h16) $d_{0.3}$	100	300	400	0		2500	126,7h16	124,2	126,7
							$125^{+1,4}_{-0,8}$		
Обдирка (h15) $d_{1.8}$	80	100	100	200	$2 \cdot 1000 = 2000$	1600	122,2h15	120,56	122,16
Обточка окончательная (Ø120h14) $d_{1.9}$	40	60	60	0	$2 \cdot 280 = 560$	870	120 h14	119,13	120
Обточка Ø80h7(-0,03)									
Штамповка (h16) $d_{0.2}$	100	300	400	0		2200	87,7h16	85,5	87,7
							$86,2^{+1,3}_{-0,7}$		
Обдирка (h15) $d_{2.8}$	80	100	100	100	$2 \cdot 900 = 1800$	1400	83,7h15	82,26	83,66
Обточка черновая (h12) $d_{2.9}$	40	60	60	0	$2 \cdot 280 = 560$	350	81,7h12	81,28	81,63
Получистовая обточка (h9) $d_{2.10}$	10	30	30	30	$2 \cdot 190 = 380$ ($2z_{2.3} \text{ min}$)	87	80,9h9	80,74	80,827
Термическая закалка до HRC 42...46	20	100	100		-----	-----	-----	-----	-----
Черновое шлифование (h8) $d_{5.1}$	10	30	30	50	$2 \cdot 270 = 540$ ($2z_{5.1} \text{ min}$)	54	80,2h8	80,14	80,194
Чистовое шлифов. 80h7 $d_{5.2}$	5	10	10	0	$2 \cdot 70 = 140$ ($2z_{5.2} \text{ min}$)	30	80h7	79,97	80
Обработка отверстия Ø 62H7(+0,03)									
Штампованное отверстие (H16) $D_{0.1.2}$	100	300	400	0		1900	55H16	55	56,9
							$55,6^{+1,3}_{-0,7}$		
Обдирка (H15) $D_{1.3}$	80	100	100	100	$2 \cdot 900 = 1800$	1200	58,7H15	58,74	59,94
Черновая расточка (H12) $D_{1.4}$	40	60	60	0	$2 \cdot 280 = 560$	300	60,5H12	60,52	60,82
Чистовая расточка (H9) $D_{1.5}$	10	30	30	30	$2 \cdot 190 = 380$	74	61,2H9	61,186	61,26
Термическая (закалка) HRC 42...46	20	100	100		$2 \cdot 70 = 140$	-----	-----	-----	-----
Черновое шлифование после закалки (H8) $D_{6.1}$	10	30	30	50	$2 \cdot 270 = 540$	45	61,8H8	61,815	61,86

Продолжение таблицы 1.4.1

Чистовое шлифование Ø 62H7 D _{6.2}	5	10	10	0	2·70=140	30	Ø 62H7	62	62,03
Обработка отверстия Ø54K7^(+0.009)_{-0.021}									
Штампованное отверстие (H16) D _{0.1.1}	100	300	400	0		1900	47H16	47	48.9
							43,1 ^{+1,3} _{-0,7}		
Обдирка (H15) D _{2.5}	80	100	100	100	2·900=1800	1200	50.7H15	50.74	51.94
Черновая расточка (H12) D _{2.6}	40	60	60	0	2·280=560	300	52.5H12	52.52	52.82
Чистовая расточка (H9) D _{2.7}	10	30	30	30	2·190=380	74	53.2H9	53.186	53.26
Термическая закалка HRC 42	20	100	100		-----	-----	-----	-----	-----
Черновое шлифование закалка (H8) D _{7.1}	10	30	30	50	2·270=540	46	53.8H8	53.793	53.839
Чистовое шлифование D _{7.2} =Ø54K7	5	10	10	0	2·70=140	30	Ø54K7 ^(+0.009) _{-0.021}	53.979	54.021
Обточка торцов для выдерживания длины детали 80h14^(-0,74)									
Сторона А Штамповка (торец А) (h16) A _{0.2}	100	300	400	0		2200	88,8h16	86,6	88,8
							87,5 ^{+1,3} _{-0,7}		
Обдирка торца А (h15)A _{1.1}	80	100	100	200	1000	1400	85,6h15	84,18	85,58
Обточка торца А окончательная (h14)A _{1.2}	40	60	60	0	280	870	83,9h14	83	83,87
Сторона Б Штамповка (торец Б) (h16)	100	300	400	0	-----	----	-----	-----	-----
Обдирка торца Б (h15)A _{2.1}	80	100	100	200	1000	1400	82h15	80,28	81,68
Обточка окончательная A _{2.2} = 80h14	40	60	60	0	280	740	80h14	79,26	80

Расчет минимального припуска на обработку наружной поверхности Ø120h14^(-0,87) при окончательной обточке по 14 качеству в девятом переходе 1-й операции:

$$2Z_{1.9 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(80+100+100) = 560 \text{ мкм.}$$

Расчёт минимальных припусков на обработку Ø80h7(-0,03)

- Под обдирку (по 15 качеству):

$$\begin{aligned} 2Z_{2.8 \min.i} &= 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = \\ &= 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 100) = 1800 \text{ мкм}; \end{aligned}$$

- Под обточку черновую (по 12 качеству):

$$2Z_{2.9 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80 + 100 + 100) = 560 \text{ мкм};$$

- Под получистовую обточку (по 9 качеству):

$$2Z_{2.10 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (40 + 60 + 60 + 30) = 380 \text{ мкм};$$

- Под черновое шлифование (по 8 качеству):

$$2Z_{5.1 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (20 + 100 + 100 + 50) = 540 \text{ мкм};$$

- Под чистовое шлифование (по 7 качеству):

$$2Z_{5.2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (10 + 30 + 30) = 140 \text{ мкм}.$$

Расчёт минимальных припусков на обработку отверстия Ø62H7(+0,03)

- Под обдирку (по 15 качеству):

$$\begin{aligned} 2Z_{1.3 \min.i} &= 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = \\ &= 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 100) = 1800 \text{ мкм}; \end{aligned}$$

- Под черновую расточку (по 12 качеству):

$$2Z_{1.4 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80 + 100 + 100) = 540 \text{ мкм};$$

- Под чистовую расточку (по 9 качеству):

$$2Z_{1.5 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (40 + 60 + 60 + 30) = 380 \text{ мкм};$$

- Под черновое шлифование после закалки (по 8 качеству):

$$\begin{aligned} 2Z_{6.1 \min.i} &= 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (20 + 100 + 100 + 50) = \\ &= 540 \text{ мкм}; \end{aligned}$$

- Под чистовое шлифование (по 7 качеству):

$$2Z_{6.2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (10 + 30 + 30) = 140 \text{ мкм}.$$

Расчёт минимальных припусков на обработку отверстия $\varnothing 54K7^{+0.009}_{-0.021}$

- Под обдирку (по 15 качеству):

$$2Z_{2.5 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 100) = 1800 \text{ мкм};$$

Под черновую расточку (по 12 качеству):

$$2Z_{2.6 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80 + 100 + 100) = 560 \text{ мкм};$$

- Под чистовую расточку (по 9 качеству):

$$2Z_{2.7 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (40 + 60 + 60 + 30) = 380 \text{ мкм};$$

- Под черновое шлифование после закалки (по 8 качеству):

$$2Z_{7.1 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (20 + 100 + 100 + 50) = 540 \text{ мкм};$$

- Под чистовое шлифование (по 7 качеству):

$$2Z_{7.2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (10 + 30 + 30) = 140 \text{ мкм}.$$

Расчет минимальных припусков при обработке фланца по длине 80h14

- Под обдирку (по 15 качеству):

$$2Z_{1.1 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 200) = 2000 \text{ мкм};$$

Под обточку окончательную (по 14 качеству):

$$2Z_{1.2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80 + 100 + 100) = 560 \text{ мкм};$$

- Под обдирку (по 15 качеству):

$$2Z_{2,1 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 200) = 2000 \text{ мкм};$$

- Под обточку окончательную (по 14 качеству):

$$2Z_{2,2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80 + 100 + 100) = 560 \text{ мкм};$$

1.5. Расчет технологических размеров

Расчет технологических размеров при обработке $\varnothing 120h14(-0,87)$

Расчет технологических размеров выполняем исходя из размерного анализа технологического процесса обработки, для чего составляем размерные цепи.

Вычерчиваем размерные цепи при обработке наружной поверхности $\varnothing 120h14(-0,87)$ (рис. 1.5.1) и записываем в таблицу. 1.4.1 Технологический размер A_2 должен быть равен конструкторскому K , т.е.: $d_{1.9} = A_2 = K = 120h14(-0,87)$ мм.

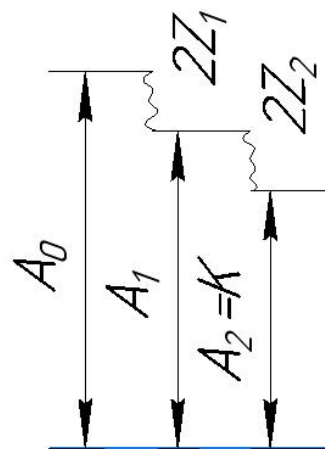


Рис. 1.5.1. Размерные цепи при обработке наружной поверхности $\varnothing 120h14$

● Находим технологический размер A_1 , используя размерную цепь №1:

$$d_{1.8 \min} = A_{1 \min} = A_{2 \max} + 2z_{2 \min} = d_{1.9 \max} + 2z_{1.9 \min} = 120 + 0,56 = 120,56 \text{ мм};$$

$$d_{1.8 \max} = A_{1 \max} = A_{1 \min} + Td_1 = d_{1.8 \min} + Td_{1.8} = 120,56 + 1,6 = 122,16 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $d_{1.8 \text{ пр}} = 122,2h15(-1,6)$ мм.

● Находим технологический размер $d_{0.3} = A_0$, используя размерную цепь:

$$d_{0.3 \min} = A_{0 \min} = A_{1 \max} + 2z_{1 \min} = d_{1.8 \max} + 2z_{1.8 \min} = 122,2 + 2 = 124,2 \text{ мм};$$

$$d_{0.3 \max} = A_{0 \max} = A_{0 \min} + Td_0 = d_{0.3 \min} + Td_{0.3} = 124,2 + 2,5 = 126,7 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $d_{0.3 \text{ пр}} = 126,7h16(-2,5)$ мм.

Расчет технологических размеров при обработке $\varnothing 80h7(-0,03)$.

Вычерчиваем размерные цепи при обработке наружной поверхности $\varnothing 80h7(-0,03)$ (рис. 1.5.2) и записываем в таблицу 1.4.1 Технологический размер A_5 должен быть равен конструкторскому K , т.е.:

$$d_{5.2} = A_5 = K = 80h7(-0,03) \text{ мм}$$

● Находим технологический размер $d_{5.1}=A_4$, используя размерную цепь №1:

$$d_{5.1 \min} = A_{4\min} = A_{5\max} + 2z_{5\min} = d_{5.2 \max} + 2z_{5.2 \min} = 80 + 0,14 = 80,14 \text{ мм};$$

$$d_{5.1 \max} = A_{4\max} = A_{4\min} + Td_4 = d_{5.1 \min} + Td_{5.1} = 80,14 + 0,054 = 80,194 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $d_{5.1 \text{ пр}} = 80,2h8(-0,054) \text{ мм}.$

● Находим технологический размер $d_{2.10}=A_3$, используя размерную цепь:

$$d_{2.10 \min} = A_{3\min} = A_{4\max} + 2z_{4\min} = d_{5.1 \max} + 2z_{5.1 \min} = 80,2 + 0,54 = 80,74 \text{ мм};$$

$$d_{2.10 \max} = A_{3\max} = A_{3\min} + Td_3 = d_{2.10 \min} + Td_{2.10} = 80,74 + 0,087 = 80,827 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $d_{2.10 \text{ пр}} = 80,9h9(-0,087) \text{ мм}.$

● Находим технологический размер $d_{2.9}=A_2$, используя размерную цепь:

$$d_{2.9 \min} = A_{2\min} = A_{3\max} + 2z_{3\min} = d_{2.10 \max} + 2z_{2.10 \min} = 80,9 + 0,38 = 81,28 \text{ мм};$$

$$d_{2.9 \max} = A_{2\max} = A_{2\min} + Td_2 = d_{2.9 \min} + Td_{2.9} = 81,28 + 0,35 = 81,63 \text{ мм}$$

Принятый технологический размер $d_{2.9 \text{ пр}} = 81,7h12(-0,35) \text{ мм}.$

● Находим технологический размер $d_{2.8}=A_1$, используя размерную цепь:

$$d_{2.8 \min} = A_{1\min} = A_{2\max} + 2z_{2\min} = d_{2.9 \max} + 2z_{2.9 \min} = 81,7 + 0,56 = 82,26 \text{ мм};$$

$$d_{2.8 \max} = A_{1\max} = A_{1\min} + Td_1 = d_{2.8 \min} + Td_{2.8} = 82,26 + 1,4 = 83,66 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $d_{2.8 \text{ пр}} = 83,7h15(-1,4) \text{ мм}.$

● Находим технологический размер $d_{0.2}=A_0$, используя размерную цепь:

$$d_{0.2 \min} = A_{0\min} = A_{1\max} + 2z_{1\min} = d_{2.8 \max} + 2z_{2.8 \min} = 83,7 + 1,8 = 85,5 \text{ мм};$$

$$d_{0.2 \max} = A_{0\max} = A_{0\min} + Td_0 = d_{0.2 \min} + Td_{0.2} = 85,5 + 2,2 = 87,7 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $d_{0.2 \text{ пр}} = 87,7h16(-2,2) \text{ мм}.$

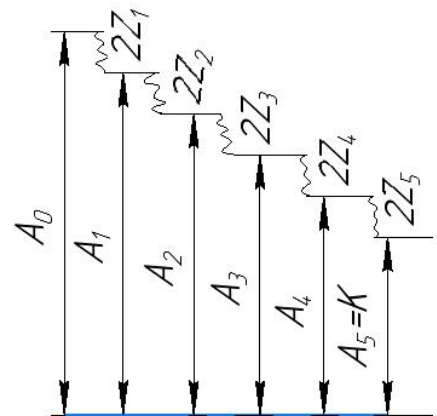


Рис. 1.5.2. Размерные цепи при обработке наружной поверхности $\varnothing 80h7$

Расчет технологических размеров при обработке отверстия $\varnothing 62H7(+0,03)$.

Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке отверстия $\varnothing 62H7(+0,03)$ (рис.1.5.3) и записываем в таблицу 1.4.1

Технологический размер A_5 должен быть равен конструкторскому K , т.е.:

$$D_{6.2}=A_5 = K= \varnothing 62H7(+0,03) \text{ мм.}$$

● Находим технологический размер $D_{6.1}=A_4$, используя размерную цепь №1:

$$D_{6.1\max}=A_{4\max}= A_{5\min} - 2z_{5\min} =$$

$$D_{6.2\min}-2z_{6.2\min}=62-0,14=61,86 \text{ мм;}$$

$$D_{6.1\min}=A_{4\min} = A_{4\max} -TD_4 = D_{6.1\max} -$$

$$TD_{6.1}=61,86-0,045=61,815 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $D_{6.1\text{ пр}}=61,8H8(+0,045) \text{ мм.}$

● Находим технологический размер $D_{1.5}=A_3$, используя размерную цепь:

$$D_{1.5\max}=A_{3\max} = A_{4\min} - 2z_{4\min} = D_{6.1\min} - 2z_{6.1\min} = 61,8-0,54=61,26 \text{ мм;}$$

$$D_{1.5\min}=A_{3\min} = A_{3\max} -TD_3 = D_{1.5\max} - TD_{1.5}=61,26-0,074=61,186 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $D_{1.5\text{ пр}}=61,2H9(+0,074) \text{ мм.}$

● Находим технологический размер $D_{1.4}=A_2$, используя размерную цепь:

$$D_{1.4\max}=A_{2\max} = A_{3\min} - 2z_{3\min} = D_{1.5\min} - 2z_{1.5\min} = 61,2-0,38=60,82 \text{ мм;}$$

$$D_{1.4\min}=A_{2\min} = A_{2\max} -TD_2 = D_{1.4\max} - TD_{1.4}=60,82-0,3=60,52 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $D_{1.4\text{ пр}}=60,5H12(+0,3) \text{ мм.}$

● Находим технологический размер $D_{1.3}=A_1$, используя размерную цепь:

$$D_{1.3\max}=A_{1\max} = A_{2\min} - 2z_{2\min} = D_{1.4\min} - 2z_{1.4\min} = 60,4-0,56=59,94 \text{ мм;}$$

$$D_{1.3\min}=A_{1\min} = A_{1\max} -TD_1 = D_{1.3\max} - TD_{1.3}=59,94-1,2=58,74 \text{ мм.}$$

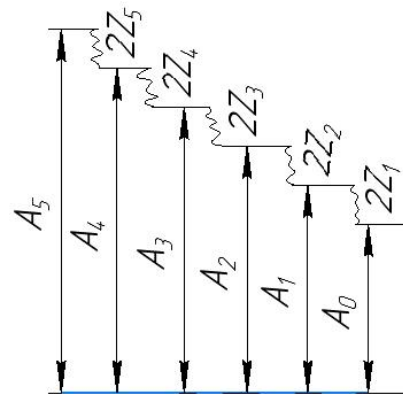


Рис. 1.5.3. Размерные цепи при обработке отверстия $\varnothing 62H7$

Принятый технологический размер $D_{1.3 \text{ пр}} = 58,7\text{H}15^{(+1,2)} \text{ мм}$.

● Находим технологический размер $D_{0.1.2} = A_0$, используя размерную цепь:

$$D_{0.1.2 \text{ max}} = A_{0\text{max}} = A_{1\text{min}} - 2Z_{1\text{min}} = D_{1.3 \text{ min}} - 2Z_{1.3\text{min}} = 58,6 - 1,8 = 56,9 \text{ мм};$$

$$D_{0.1.2 \text{ min}} = A_{0\text{min}} = A_{0\text{max}} - TD_0 = D_{0.1.2 \text{ max}} - TD_{0.1.2} = 56,9 - 1,9 = 55 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $D_{0.1.2 \text{ пр}} = 55\text{H}16^{(+1,9)} \text{ мм}$.

Расчёт технологических размеров при обработке отверстия $\varnothing 54\text{K}7$

Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке отверстия $\varnothing 54\text{K}7^{(+0,009}_{-0,021)}$ (рис. 1.5.4) и записываем в таблицу 1.4.1

Технологический размер $D_{7.2} = A_5$ должен быть равен конструкторскому К, т.е.:

$$D_{7.2} = A_5 = K = \varnothing 54\text{K}7^{(+0,009}_{-0,021)} \text{ мм}.$$

● Находим технологический размер $D_{7.1} = A_4$, используя размерную цепь №1:

$$D_{7.1 \text{ max}} = A_{4\text{max}} = A_{5\text{min}} - 2Z_{5\text{min}} = D_{7.2 \text{ min}} - 2Z_{7.2 \text{ min}} = 53,979 - 0,14 = 53,839 \text{ мм};$$

$$D_{7.1 \text{ min}} = A_{4\text{min}} = A_{4\text{max}} - TD_4 = D_{7.1 \text{ max}} - TD_{7.1} = 53,839 - 0,045 = 53,794 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $D_{7.1 \text{ пр}} = 53,8\text{H}8^{(+0,045)} \text{ мм}$.

● Находим технологический размер $D_{2.7} = A_3$, используя размерную цепь:

$$D_{2.7 \text{ max}} = A_{3\text{max}} = A_{4\text{min}} - 2Z_{4\text{min}} = D_{7.1 \text{ min}} - 2Z_{7.1 \text{ min}} = 53,8 - 0,54 = 53,26 \text{ мм};$$

$$D_{2.7 \text{ min}} = A_{3\text{min}} = A_{3\text{max}} - TD_3 = D_{2.7 \text{ max}} - TD_{2.7} = 53,26 - 0,074 = 53,186 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $D_{2.7 \text{ пр}} = 53,2\text{H}9^{(+0,074)} \text{ мм}$.

● Находим технологический размер $D_{2.6} = A_2$, используя размерную цепь:

$$D_{2.6 \text{ max}} = A_{2\text{max}} = A_{3\text{min}} - 2Z_{3\text{min}} = D_{2.7 \text{ min}} - 2Z_{2.7 \text{ min}} = 53,2 - 0,38 = 52,82 \text{ мм};$$

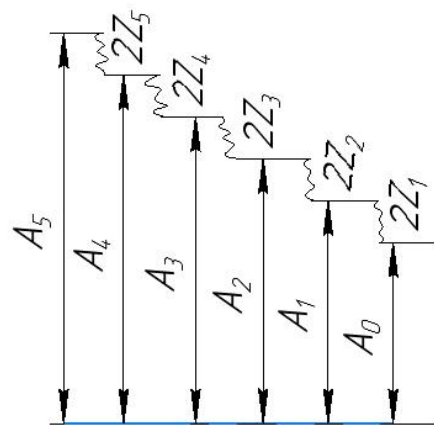


Рис. 1.5.4. Размерные цепи при обработке отверстия $\varnothing 54\text{K}7$

$$D_{2.6 \min} = A_{2 \min} = A_{2 \max} - TD_2 = D_{2.6 \max} - TD_{2.6} = 52,82 - 0,3 = 52,52 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $D_{2.6 \text{ пр}} = 52,5H12(^{+0,3})$ мм.

● Находим технологический размер $D_{2.5} = A_1$, используя размерную цепь:

$$D_{2.5 \max} = A_{1 \max} = A_{2 \min} - 2z_{2 \min} = D_{2.6 \min} - 2z_{2.6 \min} = 52,5 - 0,56 = 51,94 \text{ мм;}$$

$$D_{2.5 \min} = A_{1 \min} = A_{1 \max} - TD_1 = D_{2.5 \max} - TD_{2.5} = 51,94 - 1,2 = 50,74 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $D_{2.5 \text{ пр}} = 50,7H15(^{+1,2})$ мм.

● Находим технологический размер $D_{0.1.1} = A_0$, используя размерную цепь:

$$D_{0.1.1 \max} = A_{0 \max} = A_{1 \min} - 2z_{1 \min} = D_{2.5 \min} - 2z_{2.5 \min} = 50,7 - 1,8 = 48,9 \text{ мм;}$$

$$D_{0.1.1 \min} = A_{0 \min} = A_{0 \max} - TD_0 = D_{0.1.1 \max} - TD_{0.1.1} = 48,9 - 1,9 = 47 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $D_{0.1.1 \text{ пр}} = 47H16(^{+1,9})$ мм.

Расчет технологических размеров при обработке фланца по длине 80h14

Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке фланца по длине 80h14_(-0,74) (рис. 1.5.5).

● Находим технологический размер $A_{2.1}$, используя размерную цепь:

$$Z_{2.2 \min} = A_{2.1 \min} - A_{2.2 \max};$$

При этом учитываем, что $A_{2.2} = 80h14_{(-0,74)}$ мм – обточка окончательная.

$$A_{2.1 \min} = A_{2.2 \max} + Z_{2.2 \min} = 80 + 0,28 = 80,28 \text{ мм;}$$

$$A_{2.1 \max} = A_{2.1 \min} + TA_{2.1} = 80,28 + 1,4 = 81,68 \text{ мм.}$$

где $TA_{2.1} = 1,4$ мм (допуск 15

квалитета).

Принимаем $A_{2.1 \text{ пр}} = 82h15$

мм.

● Находим

технологический размер $A_{1.2}$,

используя размерную цепь:

$$A_{1.2 \min} = A_{2.1 \max} + Z_{2.1 \min} = 82 + 1 = 83 \text{ мм;}$$

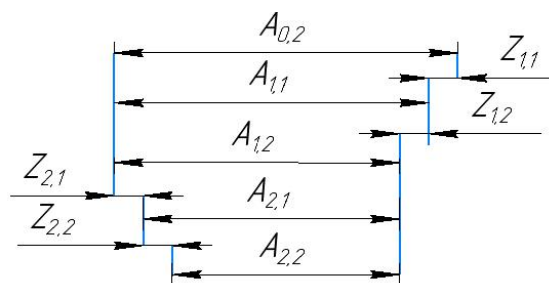


Рис. 1.5.5. Размерные цепи при обработке фланца по длине.

$$A_{1,2max} = A_{1,2min} + TA_{1,2} = 83 + 0,87 = 83,87 \text{ мм.}$$

где $TA_{1,2} = 0,87 \text{ мм}$ (допуск 14 квалитета).

Принимаем $A_{1,2пр} = 83,9h14 \text{ мм}$

- Находим технологический размер $A_{1,1}$, используя размерную цепь:

$$A_{1,1min} = A_{1,2max} + Z_{1,2min} = 83,9 + 0,28 = 84,18 \text{ мм;}$$

$$A_{1,1max} = A_{1,1min} + TA_{1,1} = 84,18 + 1,4 = 85,58 \text{ мм.}$$

где $TA_{1,1} = 1,4 \text{ мм}$ (допуск 15 квалитета)

Принимаем $A_{1,1пр} = 85,6h15 \text{ мм}$

- Находим технологический размер $A_{0,2}$, используя размерную цепь

№4:

$$A_{0,2min} = A_{1,1max} + Z_{1,1min} = 85,6 + 1 = 86,6 \text{ мм;}$$

$$A_{0,2max} = A_{0,2min} + TA_{0,2} = 86,6 + 2,2 = 88,8 \text{ мм.}$$

где $TA_{0,2} = 2,2 \text{ мм}$ (допуск 16 квалитета)

Принимаем $A_{0,2пр} = 88,8h16 \text{ мм.}$

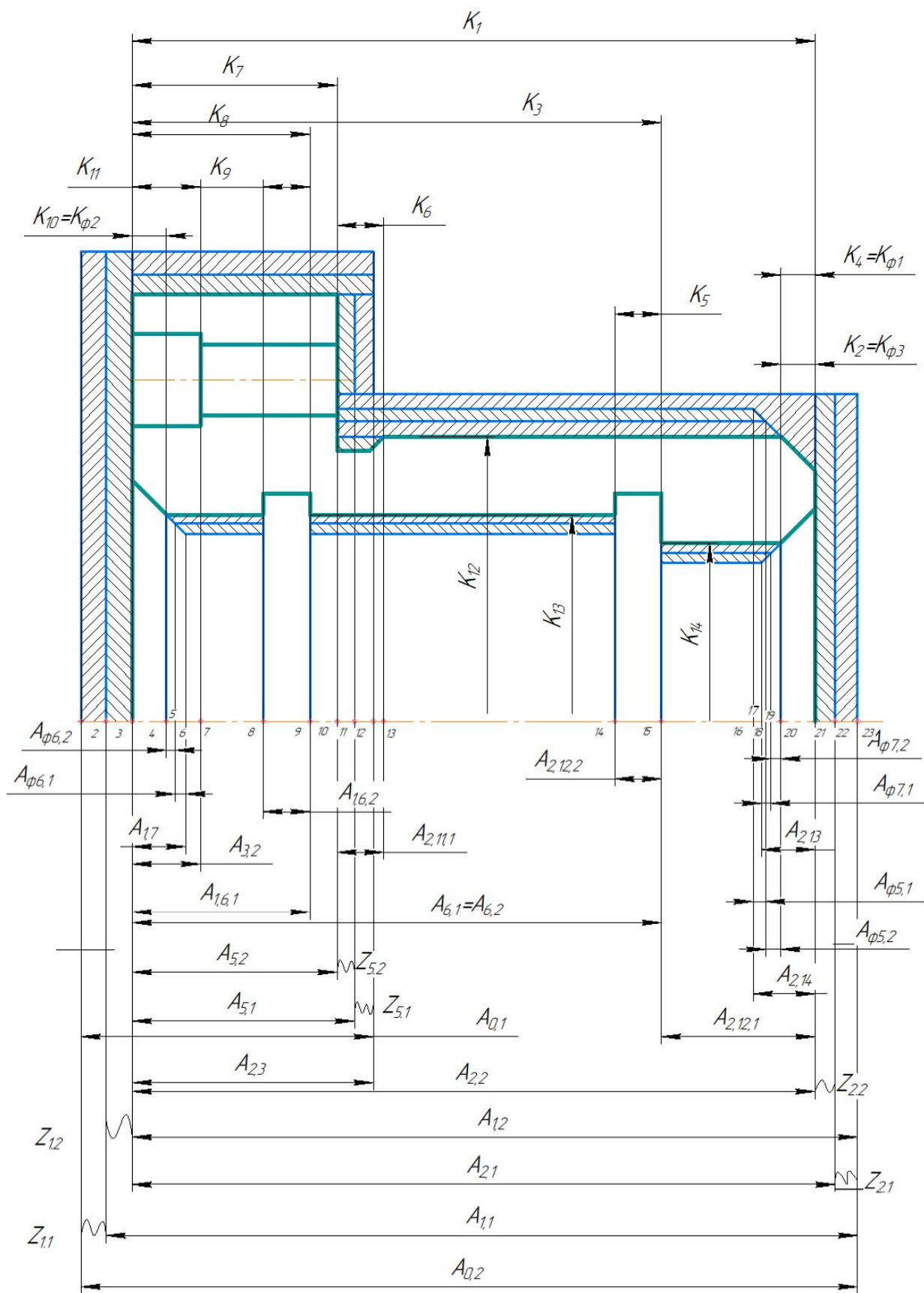


Рис. 1.5 а. Комплексная схема обработки детали в осевом направлении

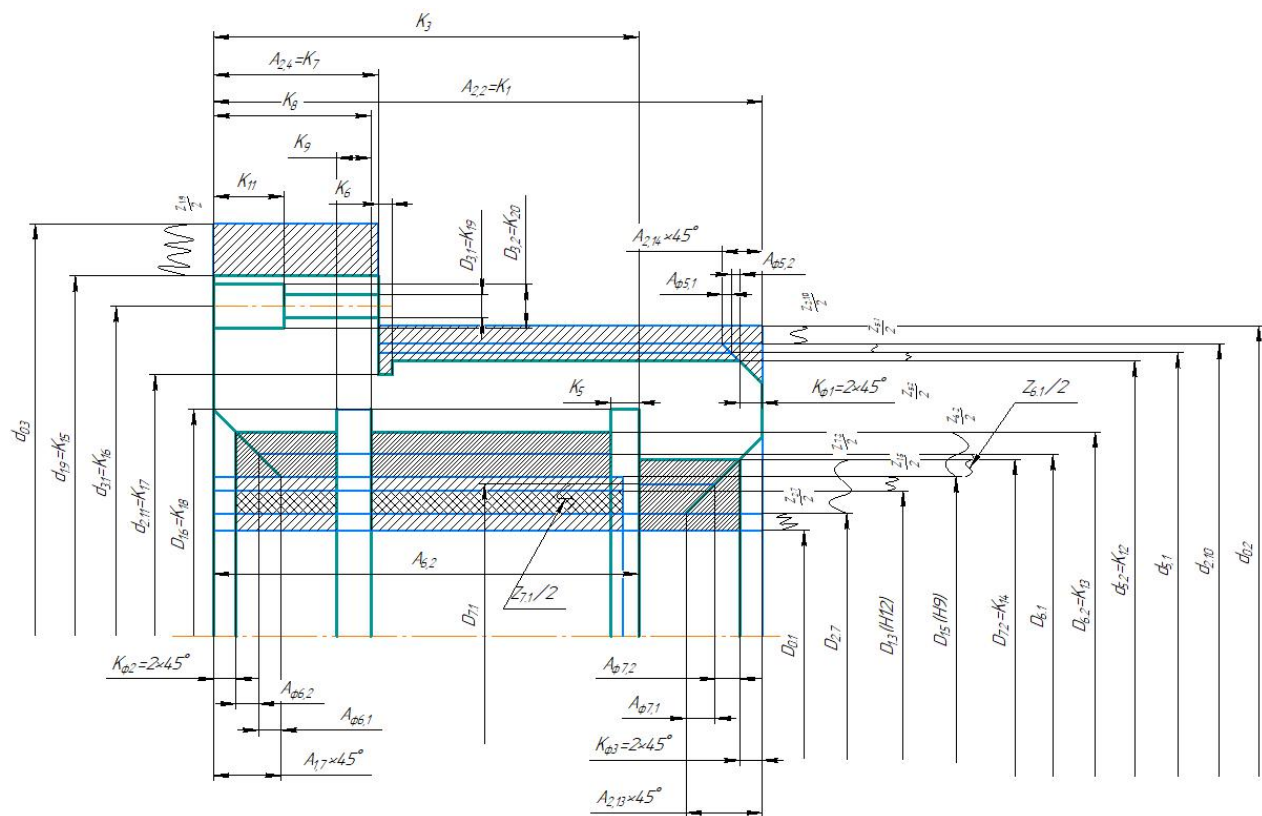


Рис. 1.5 б. Комплексная схема обработки детали в диаметральной направленности

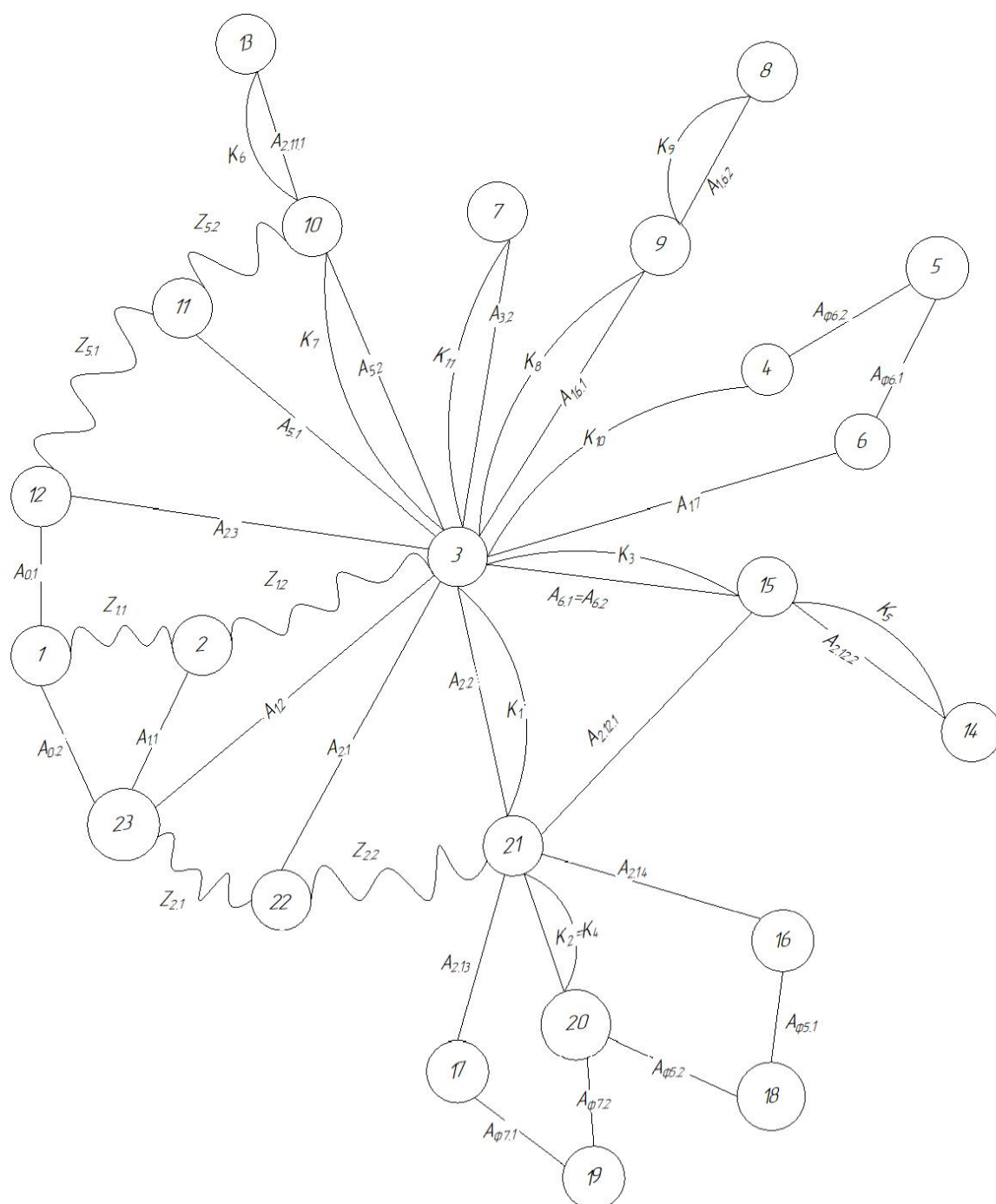


Рис.1.5 в. Граф технологических размеров

1.6. Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали

1.6.1. Определение допусков на технологические размеры

Допуски размеров исходной заготовки находятся по соответствующим стандартам и справочным материалам. Допуски размеров, получаемых на операциях механической обработки, определяются с использованием таблиц точности. Эти таблицы включают в себя статистические данные по погрешностям размеров заготовок, обрабатываемых на различных металлорежущих станках. Величина допуска непосредственно зависит от вида и метода обработки, используемого оборудования, числа рабочих ходов и размера обрабатываемой поверхности.

Конструкторские осевые размеры и их допуски:

$$K_1 = 80h14 \text{ мм}; TK_1 = 0,74 \text{ мм};$$

$$K_2 = K_{\phi 3} = 2js14 \text{ мм}; TK_2 = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_3 = 60H14 \text{ мм}; TK_3 = 0,74 \text{ мм};$$

$$K_4 = K_{\phi 1} = 2js14 \text{ мм}; TK_4 = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_5 = 2h14 \text{ мм}; TK_5 = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_6 = 2h14 \text{ мм}; TK_6 = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_7 = 24_{-0,37}^{+0,07} \text{ мм}; TK_7 = 0,44 \text{ мм};$$

$$K_8 = 20h14 \text{ мм}; TK_8 = 0,52 \text{ мм};$$

$$K_9 = 2h14 \text{ мм}; TK_9 = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{10} = K_{\phi 2} = 2js14 \text{ мм}; TK_{10} = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{11} = 8h14 \text{ мм}; TK_{11} = 0,36 \text{ мм};$$

Конструкторские диаметральные размеры и их допуски:

$$K_{12} = \phi 80h7 \text{ мм}; TK_{11} = 0,03 \text{ мм};$$

$$K_{13} = \phi 62H7 \text{ мм}; TK_{12} = 0,03 \text{ мм};$$

$$K_{14} = \phi 54K7_{-0,021}^{+0,009} \text{ мм}; TK_{13} = 0,03 \text{ мм};$$

$$K_{15} = \phi 120h14 \text{ мм}; TK_{14} = 0,87 \text{ мм};$$

$$K_{16} = \varnothing 96 \pm 0.435 \text{ мм}; TK_{15} = 0,87 \text{ мм};$$

$$K_{17} = \varnothing 76H14 \text{ мм}; TK_{16} = 0,74 \text{ мм};$$

$$K_{18} = \varnothing 64H14 \text{ мм}; TK_{17} = 0,74 \text{ мм};$$

$$K_{19} = \varnothing 10H14 \text{ мм}; TK_{18} = 0,36 \text{ мм};$$

$$K_{20} = \varnothing 13H14 \text{ мм}; TK_{19} = 0,43 \text{ мм}.$$

1.6.2. Проверка обеспечения точности конструкторских размеров

Для проверки обеспечения точности конструкторских размеров необходимо построить размерную схему отдельно в осевом и радиальном направлениях. На данную схему наносят все технологические размеры, припуски на обработку, а также конструкторские размеры. На основании построенной размерной схемы выделяют размерные цепи, замыкающимися звеньями в которых являются конструкторские размеры и припуски на обработку.

Конструкторские осевые размеры, выдерживаемые непосредственно при выдерживании окончательных технологических размеров:

$$K_1 = A_{2.2} = 80h14_{(-0.74)} \text{ мм};$$

$$K_2^* = 56js14(\pm 0,37) \text{ мм};$$

$$K_3 = A_{6.1} = 60H14^{(+0.74)} \text{ мм};$$

$$K_5 = 2h14_{(-0.25)} \text{ мм};$$

$$K_6 = 2h14_{(-0.25)} \text{ мм}; K_8 = A_{1.6.1} = 20h14_{(-0.52)} \text{ мм};$$

$$K_9 = A_{1.6.2} = 2h14_{(-0.25)} \text{ мм};$$

$$K_{11} = A_{3.2} = 8h14_{(-0.36)} \text{ мм}.$$

Для каждого конструкторского размера K_i , который непосредственно не выдерживается при выполнении техпроцесса, в комплексной схеме обработки детали (рис. 1.5 б) выявляем размерную цепи, в которую он входит. Эта размерная цепь должна содержать минимально возможное количество составляющих звеньев. Вычерчиваем размерную цепь, содержащую этот

один конструкторский размер, и проверяем возможность решения размерной цепи, руководствуясь правилом, что при расчете размерных цепей методом максимума-минимума допуск замыкающего звена равен или больше суммы допусков составляющих звеньев.

1.6.3. Размерные цепи на конструкторские размеры, которые не выдерживаются непосредственно:

1) Для конструкторского размера $K_2^* = 56js14(\pm 0,37)$, который непосредственно не выдерживается, в комплексной схеме обработки детали (рис. 1.5 б) выявляем размерную цепь, его содержащую, и рисуем её отдельно (рис. 1.6.1).

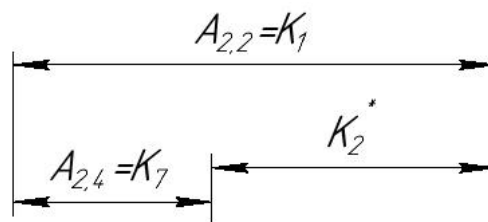


Рис. 1.6.1. Размерная цепь относительно размера длины уступа K_2^*

В этой цепи размер K_2^* является исходным звеном, т.е. это замыкающее

звено, на которое заданы и номинал, и отклонения. Определяем характер остальных звеньев цепи: $A_{2,2}$ - увеличивающее звено, $TA_{2,4}$ - уменьшающее звено. Основное уравнение этой размерной цепи:

$$K_2^* = A_{2,2} - A_{2,4};$$

$K_2^* = 56js14(\pm 0,37)$, $A_{2,2} = K_1 = 80h14(-0,74)$. Необходимо рассчитать исполнительный размер звена $A_{5,2}$.

Определяем возможность решения этой цепи:

$$TK_2^* \geq TA_{2,2} + TA_{2,4}; \rightarrow 0,74 \geq 0,74 + TA_{2,4};$$

Т.к. сумма допусков технологических размеров $(0,74 + TA_{2,4})$ больше допуска исходного звена (конструкторского размера K_2) $TK_2^* = 0,74$ мм, то, для того, чтобы выдерживался размер K_2 , необходимо уменьшить допуск на технологический размер $A_{2,3}$ ($TA_{2,2} = 0,74$ мм). Т.к. номинальные размеры звеньев $A_{2,2} = 80$ мм и $K_2^* = 56$ мм входят в один и тот же диапазон размеров от 50 до 80 мм системы допусков, то у них могут быть равные

допуски, т.е. $TA_{2.2} = TK_2^*$. Поэтому можно рассчитать допуск размера $TA_{2.2}$ способом равных допусков:

$$TA_{i,j} = TA_{\Delta}/n,$$

где TA_{Δ} – допуск замыкающего звена (в нашем случае это исходное звено K_2^*), n – количество составляющих звеньев размерной цепи ($A_{2.2}$ и $A_{2.4}$).

В нашем случае: $TA_{2.2} = TA_{\Delta}/n = TK_2^*/2 = 0,74/2 = 0,37$ мм.

Этот допуск соответствует приблизительно 12 качеству ($IT12=0,3$ мм, $IT13=0,46$ мм), поэтому и размер $A_{2.2} = 80$ мм, и размер $TA_{2.4}$ могут быть выполнены без особых проблем.

Т.к. необходимо уменьшить допуск технологического размера $A_{2.2}$, то в техпроцессе необходимо записать изменённый размер $A_{2.2}^* = 80h12(-0,3)$, т.е. $A_{2.2}^* \neq K_1 = 80h14(-0,74)$, но поле допуска нового технологического размера входит в поле допуска конструкторского размера K_1 , т.е. конструкторский размер будет выдерживаться, и даже с некоторым запасом. Если в дальнейшем будут рассматриваться размерные цепи, в которые входит размер $A_{2.2}$, то необходимо будет оперировать новым исполнительным размером $A_{2.2}^* = 80h12(-0,3)$.

Записываем основное уравнение размерной цепи с новым принятым значение размера $A_{2.2}^*$:

$$K_2^* = A_{2.2}^* - A_{2.4};$$

Рассчитываем номинальный размер звена $A_{2.4}$ при известном составляющем звене размерной цепи $A_{2.2}^* = 80h12(-0,3)$, и исходном звене $K_2^* = 56 \pm 0,37$ мм:

$$K_2^* = A_{2.2}^* - A_{2.4};$$

$$56 = 80 - A_{2.4}; \rightarrow A_{2.4} = 80 - 56 = 24 \text{ мм.}$$

Рассчитываем нижнее отклонение размера (звена) $A_{2.4}$:

$$B_{K_2^*} = B_{A_{2.2}^*} - H_{A_{2.4}};$$

$$+0,37 = 0 - H_{A_{2.4}}; \rightarrow H_{A_{2.4}} = 0 - 0,37 = -0,37 \text{ мм.}$$

Рассчитываем верхнее отклонение размера $A_{2.4}$:

$$H_{K_2}^* = H_{A_{2.2}}^* - B_{A_{2.4}};$$

$$-0,37 = -0,3 - B_{A_{2.4}}; \rightarrow B_{A_{2.4}} = -0,3 + 0,37 = +0,07 \text{ мм.}$$

Рассчитываем допуск размера $A_{2.4}$:

$$T_{A_{2.4}} = B_{A_{2.4}} - H_{A_{2.4}} = +0,07 - (-0,37) = 0,44 \text{ мм.}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_2}^* = 0,74 \geq \Sigma T_{A_{i,j}} = T_{A_{2.2}} + T_{A_{2.4}} = 0,3 + 0,44 = 0,74 \text{ мм.}$$

$$T_{K_2}^* = \Sigma T_{A_{i,j}}, \text{ т.е. расчёты были выполнены правильно.}$$

Записываем исполнительный размер звена $A_{2.4}$:

$$A_{2.4} = 24^{+0,07}_{-0,37} \text{ мм} = 24^{+0,07}_{-0,37} \text{ мм.}$$

2) Для выдерживания размера фаски $K_{\phi 1} = 2 \text{ js}14(\pm 0,125) \times 45^\circ$ выявляем размерную цепь из комплексной схемы обработки (рис. 1.7 б) и вычерчиваем её отдельно (см. рис. 1.9.2):

Основное уравнение
размерной цепи для определения
технологических размеров
относительно конструкторского
размера $K_{\phi 1}$ (размера фаски):

$$K_{\phi 1} = A_{2.14} - (A_{\phi 5.1} + A_{\phi 5.2}),$$

где $K_{\phi 1}$ – конструкторский размер фаски, $K_{\phi 1} = 2 \text{ js}14(\pm 0,125) \times 45^\circ$;

$A_{\phi 5.1}$ – изменение фаски после наружного круглого шлифования на операции 5 в переходе 1 при получении $\text{Ø}d_{5.1} = 80,2 \text{ h}8 (-0,054)$;

$A_{\phi 5.2}$ – изменение фаски после наружного круглого шлифования на операции 5 в переходе 2 при получении $\text{Ø}d_{5.2} = 80 \text{ h}7 (-0,03)$;

Т.к. угол фаски 45° , то изменение диаметра приведёт к такому же изменению длины фаски, т.е. изменение длины фаски на рассматриваемом переходе равно удаляемому припуску на рассматриваемом переходе. Поэтому в качестве технологических размеров будем рассматривать удаляемый

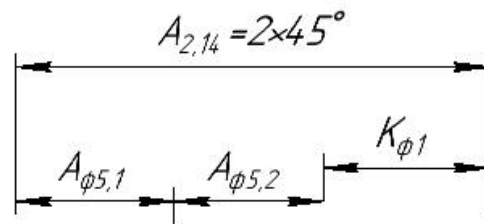


Рис. 1.6.2. Размерная цепь относительно размера фаски $K_{\phi 1}$

припуск $z_{i,j}$, где i – операция, а j – переход, на котором удаляется припуск $z_{i,j}$ ($2z_{i,j}$ – это припуск на диаметр). Отсюда:

$$A_{\phi 5.1} = 2z_{i,j}/2 = 2z_{5.1}/2 = (d_{2.10} - d_{5.1})/2 = (80,9h9 - 80,2h8)/2 = \\ = (80,9_{-0,087} - 80,2_{-0,054})/2 = 0,7^{+0,027}_{-0,0435} \text{ мм};$$

Допуск $T_{A\phi 5.1}$, а правильное, половина максимального изменения припуска $2z_{i,j} = 2z_{2.5}$ (т.к. рассматриваем только в радиальном направлении):

$$T_{A\phi 5.1} = V_{A\phi 5.1} - H_{A\phi 5.1} = [+0,027 - (-0,0435)] = 0,0705 \text{ мм};$$

Аналогично рассчитываем размер $A_{\phi 5.2}$:

$$A_{\phi 5.2} = 2z_{5.2}/2 = (d_{5.1} - d_{5.2})/2 = (80,2h8 - 80h7)/2 = \\ = (80,2_{-0,054} - 80_{-0,03})/2 = 0,2^{+0,015}_{-0,027} \text{ мм};$$

$$\text{Допуск } T_{A\phi 5.2}: T_{A\phi 5.2} = V_{A\phi 5.2} - H_{A\phi 5.2} = [+0,015 - (-0,027)] = 0,042 \text{ мм};$$

Определяем возможность решения размерной цепи исходя из допусков составляющих звеньев этой цепи:

$$T_{K\phi 1} = 0,25 \geq \sum T_{A_{i,j}} = T_{A_{2.14}} + T_{A\phi 5.1} + T_{A\phi 5.2} = T_{A_{2.14}} + 0,0705 + 0,042 = \\ = T_{A_{2.14}} + 0,1125 \text{ мм}.$$

Рассчитываем допуск, с которым (не более которого) должна обтачиваться фаска размером $A_{2.14}$:

$$0,25 = T_{A_{2.14}} + 0,1125; \rightarrow T_{A_{2.14}} = 0,25 - 0,1125 = 0,1375 \text{ мм};$$

Определяем квалитет, по которому надо обтачивать фаску размером $A_{2.14}$: при номинальном размере фаски более 2 мм, но менее 3 мм максимальный допуск 0,1375 мм соответствует приблизительно 13 квалитету ($IT12 = 0,100$ мм, $IT13 = 0,140$ мм), т.е. обточить фаску по 13 квалитету можно без особых проблем.

Если бы рассчитанной величине допуска соответствовал 10 квалитет или даже меньший, то для решения задачи размерной цепи на рисунке необходимо было бы либо уменьшать допуски на остальные составляющие звенья (в нашем случае это $T_{A\phi 5.1}$ и $T_{A\phi 5.2}$), либо согласовывать с конструктором увеличение конструкторского размера фаски $K_{\phi 1}$. Уменьшить допуск $T_{A\phi 5.2}$ было бы практически невозможно (обработка по 7 квалитету

после 8-го), уменьшить допуск $T_{A_{\phi 5.1}}$ было бы тоже практически невозможно (обработка по 8 качеству после 9-го).

Рассчитываем номинальный размер фаски $A_{2.14}$ из основного уравнения размерной цепи, представленной на рис. 1.10 при известных составляющих звеньях размерной цепи $A_{\phi 5.1} = 0,7^{+0,027}_{-0,0435}$ мм, $A_{\phi 5.2} = 0,2^{+0,015}_{-0,027}$ мм и исходном звене $K_{\phi 1} = 2 \pm 0,125$ мм:

$$K_{\phi 1} = A_{2.14} - (A_{\phi 5.1} + A_{\phi 5.2});$$

$$2 = A_{2.14} - (0,7 + 0,2);$$

Номинальный размер фаски $A_{2.14}$:

$$A_{2.14} = 2 + 0,9 = 2,9 \text{ мм.}$$

Рассчитываем верхнее отклонение фаски $A_{2.14}$:

$$V_{K_{\phi 1}} = V_{A_{2.14}} - (H_{A_{\phi 5.1}} + H_{A_{\phi 5.2}});$$

$$+0,125 = V_{A_{2.14}} - [(-0,0435) + (-0,027)];$$

$$V_{A_{2.14}} = +0,125 - 0,0705 = +0,0545 \text{ мм.}$$

Рассчитываем нижнее отклонение фаски $A_{2.14}$:

$$H_{K_{\phi 1}} = H_{A_{2.14}} - (V_{A_{\phi 5.1}} + V_{A_{\phi 5.2}});$$

$$-0,125 = H_{A_{2.14}} - [(+0,027) + (+0,015)];$$

$$H_{A_{2.14}} = -0,125 + 0,042 = -0,083 \text{ мм.}$$

Рассчитываем допуск фаски $A_{2.14}$:

$$T_{A_{2.14}} = V_{A_{2.14}} - H_{A_{2.14}} = +0,0545 - (-0,083) = 0,1375 \text{ мм.}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_{\phi 1}} = 0,25 \geq \Sigma T_{A_{i,j}} = T_{A_{2.14}} + T_{A_{\phi 5.1}} + T_{A_{\phi 5.2}} = 0,1375 + 0,0705 + 0,042 = 0,25 \text{ мм.}$$

$T_{K_{\phi 1}} = \Sigma T_{A_{i,j}}$, т.е. расчёты были выполнены правильно.

Рассчитанный размер фаски $A_{2.14} : 2,9^{+0,0545}_{-0,083}$ мм. Выдерживать тысячные доли миллиметра при обточке фаски сложно, поэтому округляем верхнее отклонение до ближайшего меньшего числа ($V_{A_{2.14} \text{ прин}} = +0,0545 \approx +0,05$ мм), а нижнее – до ближайшего большего числа по абсолютной величине ($H_{A_{2.14} \text{ прин}} = -0,083 \approx -0,08$ мм), т.е. исполнительный размер фаски $A_{2.14}$:

$$A_{2.14 \text{ прин}} = 2,9^{+0,05}_{-0,08} \text{ мм} = 2,9^{+0,05}_{-0,08} \text{ мм}.$$

У принятого размера фаски $A_{2.8 \text{ прин}}$ допуск $T_{A_{2.14}} = +0,05 - (-0,08) = 0,13 \text{ мм}$, что соответствует приблизительно 13 качеству ($IT12 = 0,100 \text{ мм}$, $IT13 = 0,140 \text{ мм}$), т.е. обточить фаску $A_{2.14 \text{ прин}} = 2,9^{+0,05}_{-0,08} \text{ мм}$ можно без особых проблем.

3) Для выдерживания размера фаски $K_{\phi 3} = 2 \text{ js}14(\pm 0,125) \times 45^\circ$ выявляем размерную цепь из комплексной схемы обработки (рис. 1.5 б) и вычерчиваем её отдельно (см. рис. 1.6.3):

Основное уравнение размерной цепи для определения технологических размеров относительно конструкторского размера $K_{\phi 1}$ (размера фаски):

$$K_{\phi 3} = A_{2.13} - (A_{\phi 7.1} + A_{\phi 7.2}),$$

где $K_{\phi 3}$ – конструкторский размер фаски, $K_{\phi 3} = 2 \text{ js}14(\pm 0,125) \times 45^\circ$;

$A_{\phi 7.2}$ – изменение фаски после внутреннего круглого шлифования на операции 6 в переходе 2 при получении $\varnothing D_{7.2} \rightarrow \varnothing D_{7.2} = \varnothing 54K7^{(+0,009)}_{(-0,021)}$;

$A_{\phi 7.1}$ – изменение фаски после внутреннего круглого шлифования на операции 6 в переходе 1 при получении $\varnothing D_{7.1} \rightarrow \varnothing D_{7.1} = 53,8H8^{(+0,045)}$.

Т.к. угол фаски 45° , то изменение диаметра приведёт к такому же изменению фаски, т.е. изменение фаски на рассматриваемом переходе равно удаляемому припуску на рассматриваемом переходе. Поэтому в качестве технологических размеров будем рассматривать удаляемый припуск $z_{i,j}$, где i – операция, а j – переход, на котором удаляется припуск $z_{i,j}$ ($2z_{i,j}$ – это припуск на диаметр). Отсюда:

$$\begin{aligned} A_{\phi 7.1} &= 2z_{i,j}/2 = 2z_{7.1}/2 = (D_{7.1} - D_{2.7})/2 = (53,8H8 - 53,2H9)/2 = \\ &= (53,8^{+0,046} - 53,2^{+0,074})/2 = 0,3^{+0,023}_{-0,037} \text{ мм}; \end{aligned}$$

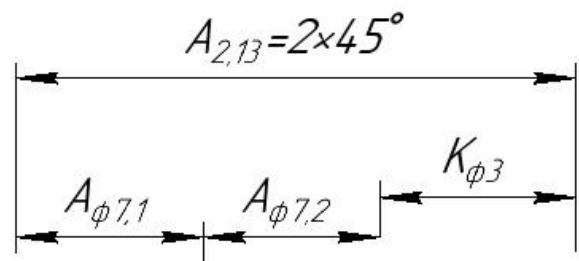


Рис. 1.6.3 Размерная цепь относительно размера фаски $K_{\phi 3}$

Допуск $T_{A_{\phi 6.1}}$, а правильное, половина максимального изменения припуска $2z_{i,j} = 2z_{7.1}$ (т.к. рассматриваем только в радиальном направлении):

$$T_{A_{\phi 7.1}} = B_{A_{\phi 7.1}} - H_{A_{\phi 7.1}} = [+0,023 - (-0,037)] = 0,060 \text{ мм};$$

Аналогично рассчитываем размер $A_{\phi 7.2}$:

$$A_{\phi 7.2} = 2z_{7.1}/2 = (D_{7.2} - D_{7.1})/2 = (54K7 - 53.8H8)/2 = \\ = (54^{+0.009}_{-0.021} - 53.8^{+0.045})/2 = 0,1^{+0,0045}_{-0,033} \text{ мм};$$

Допуск $T_{A_{\phi 7.2}}$:

$$T_{A_{\phi 7.2}} = B_{A_{\phi 7.2}} - H_{A_{\phi 7.2}} = [+0,0045 - (-0,033)] = 0,0375 \text{ мм};$$

Определяем возможность решения размерной цепи исходя из допусков составляющих звеньев этой цепи:

$$T_{K_{\phi 3}} = 0,25 \geq \Sigma T_{A_{i,j}} = T_{A_{2.13}} + T_{A_{\phi 7.1}} + T_{A_{\phi 7.2}} = T_{A_{2.13}} + 0,060 + 0,0375 \text{ мм}.$$

Рассчитываем допуск, с которым (не более которого) должны обтачивать фаску размером $A_{2.13}$:

$$0,25 = T_{A_{2.13}} + 0,06 + 0,0375; \quad T_{A_{2.13}} = 0,25 - 0,06 - 0,0375 = 0,1525 \text{ мм};$$

Определяем квалитет, по которому надо обтачивать фаску размером $A_{2.13}$: при номинальном размере фаски более 2 мм, но менее 3 мм максимальный допуск 0,1525 мм соответствует приблизительно 13 квалитету ($IT_{13} = 0,14 \text{ мм}$, $IT_{14} = 0,25 \text{ мм}$), т.е. обточить фаску по 13 квалитету можно без особых проблем.

Рассчитываем номинальный размер и отклонения размера $A_{2.13}$:

На рис. 1.11 при известных составляющих звеньях размерной цепи $A_{\phi 7.1} = 0,3^{+0,023}_{-0,037} \text{ мм}$, $A_{\phi 7.2} = 0,1^{+0,0045}_{-0,033} \text{ мм}$ и исходном звене

$$K_{\phi 3} = 2 \pm 0,125 \text{ мм};$$

$$K_{\phi 3} = A_{2.13} - (A_{\phi 7.1} + A_{\phi 7.2});$$

$$2 = A_{2.13} - (0,3 + 0,1);$$

Номинальный размер фаски $A_{2.13}$:

$$A_{2.13} = 2 + 0,4 = 2,4 \text{ мм}.$$

Рассчитываем верхнее отклонение фаски $A_{2.13}$:

$$B_{K_{\phi 3}} = B_{A_{2.13}} - (H_{A_{\phi 7.1}} + H_{A_{\phi 7.2}});$$

$$+0,125 = B_{A2.13} - [(-0,037) + (-0,033)];$$

$$B_{A2.13} = +0,125 - 0,07 = +0,055 \text{ мм.}$$

Рассчитываем нижнее отклонение фаски $A_{2.13}$:

$$H_{K\phi 3} = H_{A2.13} - (B_{A\phi 7.1} + B_{A\phi 7.2});$$

$$-0,125 = H_{A2.13} - [(+0,023) + (+0,0045)];$$

$$H_{A2.13} = -0,125 + 0,0275 = -0,0975 \text{ мм.}$$

Рассчитываем допуск фаски $A_{2.13}$:

$$T_{A2.13} = B_{A2.13} - H_{A2.13} = +0,055 - (-0,0975) = 0,1525 \text{ мм.}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K\phi 3} = 0,25 \geq \Sigma T_{A_{i,j}} = T_{A2.13} + T_{A\phi 7.1} + T_{A\phi 7.2} = 0,1525 + 0,060 + 0,0375 = 0,25 \text{ мм.}$$

$T_{K\phi 3} = \Sigma T_{A_{i,j}}$, т.е. расчёты были выполнены правильно.

Рассчитанный размер фаски $A_{2.13}$: $2,4^{+0,055}_{-0,0975}$ мм. Выдерживать тысячные доли миллиметра при обточке фаски сложно, поэтому округляем верхнее отклонение до ближайшего меньшего числа ($B_{A2.13 \text{ прин}} = +0,055 \approx +0,05$ мм), а нижнее – до ближайшего большего числа по абсолютной величине ($H_{A2.13 \text{ прин}} = -0,0975 \approx -0,09$ мм), т.е. исполнительный размер фаски $A_{2.13}$:

$$A_{2.13 \text{ прин}} = 2,4^{+0,05}_{-0,09} \text{ мм} = 2,9^{+0,05}_{-0,09} \text{ мм.}$$

У принятого размера фаски $A_{2.13 \text{ прин}}$ допуск $T_{A2.13 \text{ прин}} = +0,05 - (-0,09) = 0,14$ мм, что соответствует приблизительно 13 качеству (IT12 = 0,100 мм, IT13 = 0,140 мм), т.е. обточить фаску $A_{2.13 \text{ прин}} = 2,4^{+0,05}_{-0,09}$ мм можно без особых проблем.

4) Для выдерживания размера фаски $K_{\phi 2} = 2 \text{ js}14(\pm 0,125) \times 45^\circ$ выявляем размерную цепь из комплексной схемы обработки (рис. 1.7 б) и вычерчиваем её отдельно (рис. 1.6.4):

Основное уравнение размерной цепи для определения технологических размеров относительно конструкторского

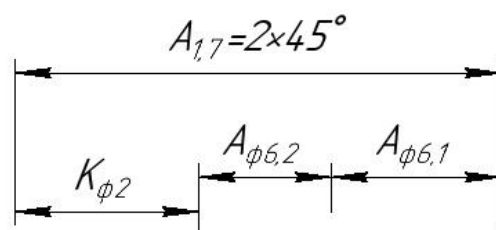


Рис. 1.6.4. Размерная цепь относительно размера фаски $K_{\phi 2}$

размера $K_{\phi 1}$ (размера фаски):

$$K_{\phi 2} = A_{1.7} - (A_{\phi 6.1} + A_{\phi 6.2}),$$

где $K_{\phi 2}$ – конструкторский размер фаски, $K_{\phi 2} = 2 \text{ js}14(\pm 0,125) \times 45^\circ$;

$A_{\phi 6.1}$ – изменение фаски после внутреннего круглого шлифования на операции 6 в переходе 2 при получении $\text{OD}_{6.1} = \text{Ø}61.8\text{H}8(^{+0.045}_0)$;

$A_{\phi 6.2}$ – изменение фаски после внутреннего круглого шлифования на операции 6 в переходе 2 при получении $\text{OD}_{6.2} = \text{Ø}62\text{H}7(^{+0.03}_0)$;

Т.к. угол фаски 45° , то изменение диаметра приведёт к такому же изменению фаски, т.е. изменение фаски на рассматриваемом переходе равно удаляемому припуску на рассматриваемом переходе. Поэтому в качестве технологических размеров будем рассматривать удаляемый припуск $z_{i,j}$, где i – операция, а j – переход, на котором удаляется припуск $z_{i,j}$ ($2z_{i,j}$ – это припуск на диаметр). Отсюда:

$$\begin{aligned} A_{\phi 6.1} &= 2z_{i,j}/2 = 2z_{6.2}/2 = (D_{6.1} - D_{1.5})/2 = (61.8\text{H}8 - 61.2\text{H}9)/2 = \\ &= (61.8^{+0.045} - 61.2^{+0.074})/2 = 0.3^{+0.0225}_{-0.037} \text{ мм}; \end{aligned}$$

Допуск $T_{A\phi 6.1}$, а правильное, половина максимального изменения припуска $2z_{i,j} = 2z_{6.2}$ (т.к. рассматриваем только в радиальном направлении):

$$T_{A\phi 6.1} = V_{A\phi 6.1} - H_{A\phi 6.1} = [+0,0225 - (-0,037)] = 0,0595 \text{ мм};$$

Аналогично рассчитываем размер $A_{\phi 6.2}$:

$$\begin{aligned} A_{\phi 6.2} &= 2z_{6.2}/2 = (D_{6.2} - D_{6.1})/2 = (62\text{H}7 - 61.8\text{H}8)/2 = \\ &= (62^{+0.03} - 61.8^{+0.045})/2 = 0.1^{+0.015}_{-0.0225} \text{ мм}; \end{aligned}$$

Допуск $T_{A\phi 6.2}$:

$$T_{A\phi 6.2} = V_{A\phi 6.2} - H_{A\phi 6.2} = [+0,015 - (-0,0225)] = 0,0375 \text{ мм};$$

Определяем возможность решения размерной цепи исходя из допусков составляющих звеньев этой цепи:

$$T_{K\phi 3} = 0,25 \geq \Sigma T_{A_{i,j}} = T_{A_{1.7}} + T_{A\phi 6.1} + T_{A\phi 6.2} = T_{A_{1.7}} + 0,0595 + 0,0375 \text{ мм}.$$

Рассчитываем допуск, с которым (не более которого) должны обтачивать фаску размером $A_{1.7}$:

$$0,25 = T_{A_{1.7}} + 0,0595 + 0,0375; \quad T_{A_{1.7}} = 0,25 - 0,0595 - 0,0375 = 0,153 \text{ мм};$$

Определяем квалитет, по которому надо обтачивать фаску размером $A_{1.7}$: при номинальном размере фаски более 2 мм, но менее 3 мм максимальный допуск 0,153 мм соответствует приблизительно 13 квалитету ($IT_{13} = 0,14$ мм, $IT_{14} = 0,25$ мм), т.е. обточить фаску по 13 квалитету можно без особых проблем.

Рассчитываем номинальный размер и отклонения размера $A_{1.7}$:

Из рис. 1.12 при известных составляющих звеньях размерной цепи

$A_{\phi 6.1} = 0,3^{+0,0225}_{-0,037}$ мм, $A_{\phi 6.2} = 0,1^{+0,015}_{-0,0225}$ мм и исходном звене

$K_{\phi 2} = 2 \pm 0,125$ мм рассчитываем номинальный размер фаски $A_{1.7}$:

$$K_{\phi 2} = A_{1.7} - (A_{\phi 6.1} + A_{\phi 6.2});$$

$$2 = A_{1.7} - (0,3 + 0,1);$$

Номинальный размер фаски $A_{1.7}$:

$$A_{1.7} = 2 + 0,4 = 2,4 \text{ мм.}$$

Рассчитываем верхнее отклонение фаски $A_{1.7}$:

$$B_{K\phi 2} = B_{A_{1.7}} - (H_{A_{\phi 6.1}} + H_{A_{\phi 6.2}});$$

$$+0,125 = B_{A_{1.7}} - [(-0,037) + (-0,0225)];$$

$$B_{A_{1.7}} = +0,125 - 0,0595 = +0,0655 \text{ мм.}$$

Рассчитываем нижнее отклонение фаски $A_{1.7}$:

$$H_{K\phi 2} = H_{A_{1.7}} - (B_{A_{\phi 6.1}} + B_{A_{\phi 6.2}});$$

$$-0,125 = H_{A_{1.7}} - [(+0,0225) + (+0,015)];$$

$$H_{A_{1.7}} = -0,125 + 0,0375 = -0,0875 \text{ мм.}$$

Рассчитываем допуск фаски $A_{1.7}$:

$$T_{A_{1.7}} = B_{A_{1.7}} - H_{A_{1.7}} = +0,0655 - (-0,0875) = 0,153 \text{ мм.}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K\phi 2} = 0,25 \geq \Sigma T_{A_{i,j}} = T_{A_{1.7}} + T_{A_{\phi 6.1}} + T_{A_{\phi 6.2}} = 0,153 + 0,0595 + 0,0375 = 0,25 \text{ мм.}$$

$T_{K\phi 2} = \Sigma T_{A_{i,j}}$, т.е. расчёты были выполнены правильно.

Рассчитанный размер фаски $A_{1.7}$: $2,4^{+0,0655}_{-0,0875}$ мм. Выдерживать тысячные доли миллиметра при обточке фаски сложно, поэтому округляем верхнее отклонение до ближайшего меньшего числа ($B_{A_{1.7} \text{ прин}} = +0,0655 \approx$

+0,06 мм), а нижнее – до ближайшего большего числа по абсолютной величине ($H_{A_{1.7} \text{ прин}} = -0,0875 \approx -0,08$ мм), т.е. исполнительный размер фаски $A_{1.7}$:

$$A_{1.7 \text{ прин}} = 2,4^{+0,06}_{-0,08} \text{ мм} = 2,4^{+0,06}_{-0,08} \text{ мм}.$$

У принятого размера фаски $A_{1.6 \text{ прин}}$ допуск $T_{A_{1.7}} = +0,06 - (-0,08) = 0,14$ мм, что соответствует приблизительно 13 квалитету ($IT_{12} = 0,100$ мм, $IT_{13} = 0,140$ мм), т.е. обточить фаску $A_{1.7 \text{ прин}} = 2,4^{+0,06}_{-0,08}$ мм можно без особых проблем.

5) Рассчитываем длину уступа $A_{5.1}$ при шлифовании диаметра $d_{5.2}$ на 5-й операции. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.6.5):

$$A_{5.1} = A_{5.2} + Z_{5.2};$$

$$A_{5.2} = 24^{+0,07}_{-0,37} \text{ мм}, \quad T_{A_{5.2}} = 0,44 \text{ мм}.$$

Рассчитываем минимальный припуск при шлифовании уступа во время шлифования $\phi d_{5.2}$ по 7 квалитету после термообработки:

$$Z_{5.2 \text{ min.i}} = R_{z.i-1} + T_{\text{деф.i-1}} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 10 + 30 + 30 = 70 \text{ мкм} = 0,07 \text{ мм}.$$

$$A_{5.1 \text{ min}} = A_{5.2 \text{ max}} + Z_{5.2 \text{ min}} = 24,07 + 0,07 = 24,14 \text{ мм}.$$

При определении допуска размера $A_{5.1}$ используем 14 квалитет ($IT_{14} = 0,52$ мм):

$$A_{5.1 \text{ max}} = A_{5.1 \text{ min}} + T_{A_{5.1}} = 24,14 + 0,52 = 24,66 \text{ мм}.$$

$$\text{Принимаем } A_{5.1} = 24,7h_{14}(-0,52) \text{ мм}.$$

6) Рассчитываем длину уступа $A_{2.3}$ при обточке диаметра $d_{2.3}$ на 2-й операции. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.6.6). Основное

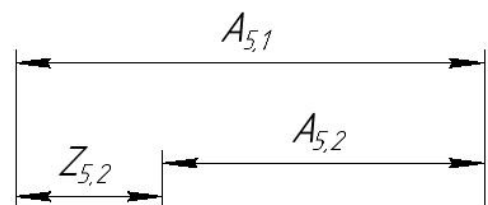


Рис. 1.6.5 Размерная цепь для расчёта технологического размера $A_{5.1}$

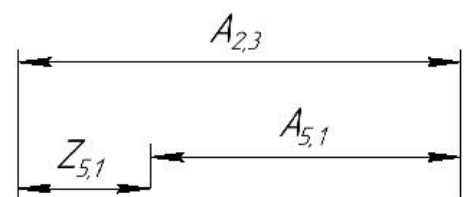


Рис. 1.6.6. Размерная цепь для расчёта технологического размера $A_{2.3}$

уравнение размерной цепи:

$$A_{5.1} = A_{2.3} - Z_{5.1}.$$

Звено $A_{5.1}$ исходное, от него будет зависеть, на какой размер $A_{2.3}$ надо обработать уступ во 2-й (токарной) операции.

$$\text{Средний размер звена } A_{5.1} : A_{5.1 \text{ cp}} = A_{2.3 \text{ cp}} - Z_{5.1 \text{ cp}}.$$

Рассчитываем минимальный припуск при шлифовании уступа во время шлифования $\phi d_{5.1}$ по 8 качеству после термообработки:

$$Z_{5.1 \text{ min.i}} = R_{z.i-1} + T_{\text{деф.i-1}} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 20 + 100 + 100 + 100 = 320 \text{ мкм};$$

$$A_{5.1} = 24,7 \pm 0,52 \text{ мм}, T_{A_{5.1}} = 0,52 \text{ мм}; A_{5.1 \text{ cp}} = (24,7 + 24,18) / 2 = 24,44 \text{ мм}, K_2 = 56 \pm 0,37 \text{ мм};$$

Припуск $z_{5.1}$ непосредственно мы не можем выдержать, изменение этого припуска будет зависеть от изменения размера $A_{5.1}$ и изменения размера $A_{2.3}$, поэтому $T_{z_{5.1}} = T_{A_{5.1}} + T_{A_{2.3}} = 0,52 + 0,52 = 1,04 \text{ мм}$.

Размер $A_{2.3}$ будем выдерживать по 14 качеству. Рассчитываем приблизительную величину номинального размера $A_{2.3}$:

$$A_{2.3} \approx A_{2.3} - K_2 = 80 - 56 = 24 \text{ мм}.$$

При номинальной величине размера $A_{2.5}$ приблизительно 24 мм допуск по 14 качеству $IT14 = 0,52 \text{ мм}$.

Сумма допусков всех составляющих звеньев размерной цепи (см. рис.1.6.6):

$$\Sigma T_{Ai} = T_{A_{2.3}} + T_{z_{5.1}} = 0,52 + 1,04 = 1,56 \text{ мм}.$$

Рассчитываем среднюю величину припуска $z_{5.2}$:

$$z_{5.1}^{\text{cp}} = \frac{z_{5.1}^{\text{cp}} + z_{5.1}^{\text{cp}}}{2} = \frac{z_{5.1}^{\text{min}} + (z_{5.1}^{\text{min}} + \Sigma T_{Ai})}{2} = [0,32 + (0,32 + 1,56)] / 2 = 0,956 \text{ мм}.$$

$$A_{2.3}^{\text{cp}} = A_{5.1}^{\text{cp}} + z_{5.1}^{\text{cp}};$$

$$A_{2.3}^{\text{cp}} = 24,44 + 0,956 = 25,396 \text{ мм};$$

$$A_{2.3} = 25,396 \pm 0,26 \text{ мм}.$$

7) Рассчитываем длину буртика на штамповке $A_{0.1}$ (см. Табл. 1.3.1 и

рис. 1.6.8) для получения конструкторского размера $K_2^* = 56js14(\pm 0,37)$ (см. рис. 1.1)

$$A_{0.1} = A_{2.5} + z_{2.5};$$

Вычерчиваем размерную цепь для расчёта размера $A_{2.5}$ (рис. 1.6.8)

$$A_{2.5} = A_{2.3} + z_{2.3};$$

$$Z_{2.3 \min.i} = R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 80 + 100 + 100 + 0 = 280 \text{ мкм} = 0,28 \text{ мм.}$$

$$A_{2.5 \min} = A_{2.3 \max} + z_{2.3 \min} = 25,656 + 0,28 = 25,936 \text{ мм.}$$

При определении допуска размера $A_{2.5}$ используем 15 квалитет (IT15 = 0,84 мм):

$$A_{2.5 \max} = A_{2.5 \min} + T_{A_{2.5}} = 25,936 + 0,84 = 26,776 \text{ мм.}$$

Принимаем $A_{2.5} = 26,8h14(-0,84) \text{ мм.}$

$$Z_{2.5 \min.i} = R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 100 + 300 + 400 + 200 = 1000 \text{ мкм.}$$

$$A_{0.1 \min} = A_{2.5 \max} + z_{2.5 \min} = 26,8 + 1 = 27,8 \text{ мм.}$$

При определении допуска размера $A_{0.1}$ используем 16 квалитет (IT16 = 1,3 мм): $A_{0.1 \max} = A_{0.1 \min} + T_{A_{0.1}} = 27,8 + 1,3 = 29,1 \text{ мм.}$

Принимаем $A_{0.1} = 29,1h16(-1,3) \text{ мм.}$

Записываем все рассчитанные технологические размеры.

Технологические размеры

$$1) A_{0.1} = 27,7^{+1,1}_{-0,5} \text{ мм}$$

$$2) A_{0.2} = 87,5^{+1,3}_{-0,7} \text{ мм}$$

$$3) A_{1.2} = 83,9_{-0,87} \text{ мм}$$

$$4) A_{6.1} = 60^{+0,74} \text{ мм}$$

$$5) A_{1.6.1} = 20_{-0,52} \text{ мм}$$

$$6) A_{1.6.2} = 2_{-0,25} \text{ мм}$$

$$7) A_{1.7} = 2,4^{+0,06}_{-0,08} \text{ мм}$$

$$8) A_{2.2} = 80_{-0,74} \text{ мм}$$

$$9) A_{2.3} = 25,396 \pm 0,26 \text{ мм}$$

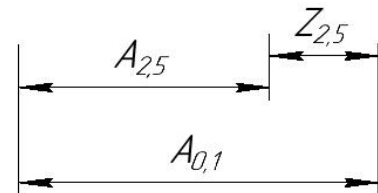


Рис. 1.6.7. Размерная цепь для расчёта технологического размера $A_{0.1}$

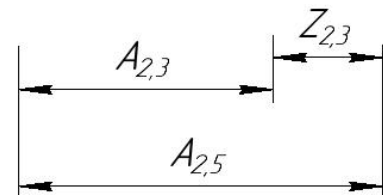


Рис. 1.6.8. Размерная цепь для расчёта технологического размера $A_{2.5}$

- 10) $A_{2.11.1} = 2 \pm 0,125 \text{ MM}$
- 11) $A_{2.12.1} = 20_{-0,52} \text{ MM}$
- 12) $A_{2.12.2} = 2_{-0,25} \text{ MM}$
- 13) $A_{2.13} = 2,4_{-0,09}^{+0,05} \text{ MM}$
- 14) $A_{2.14} = 2,9_{-0,08}^{+0,05} \text{ MM}$
- 15) $A_{3.2} = 8_{-0,36} \text{ MM}$
- 16) $A_{5.1} = 24,7_{-0,52} \text{ MM}$
- 17) $A_{5.2} = 24_{-0,37}^{+0,07} \text{ MM}$
- 18) $d_{0.3} = 125_{-0,8}^{+1,4} \text{ MM}$
- 19) $d_{1.9} = 120_{-0,87} \text{ MM}$
- 20) $d_{3.1} = 96 \pm 0,435 \text{ MM}$
- 21) $d_{0.2} = 86,2_{-0,7}^{+1,3} \text{ MM}$
- 22) $d_{2.10} = 80,9_{-0,087} \text{ MM}$
- 23) $d_{5.1} = 80,2_{-0,054} \text{ MM}$

- 24) $d_{5.2} = 80_{-0,03} \text{ MM}$
- 25) $d_{2.11} = 76_{\text{MM}}^{+0,74}$
- 26) $D_{1.6} = 64_{\text{MM}}^{+0,74}$
- 27) $D_{6.1} = 61,8_{\text{MM}}^{+0,045}$
- 28) $D_{6.2} = 62_{\text{MM}}^{+0,03}$
- 29) $D_{7.1} = 53,8_{\text{MM}}^{+0,046}$
- 30) $D_{7.2} = 54_{-0,021}^{+0,009} \text{ MM}$
- 31) $D_{1.5} = 61,2_{\text{MM}}^{+0,074}$
- 32) $D_{1.3} = 58,7_{\text{MM}}^{+1,2}$
- 33) $D_{2.7} = 53,2_{\text{MM}}^{+0,074}$
- 34) $D_{0.1.1} = 47,6_{-0,7}^{+1,3} \text{ MM}$
- 35) $D_{0.1.2} = 55,6_{-0,7}^{+1,3} \text{ MM}$
- 36) $D_{3.1} = 10_{\text{MM}}^{+0,36}$
- 37) $D_{3.2} = 13_{\text{MM}}^{+0,43}$

1.7. Расчет режимов и мощности резания

При назначении режимов резания следует учитывать вид обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал заготовки, тип и состояние станка. Используемые станки и их технические характеристики см. в приложении А.

1.7.1. Токарная обработка

Токарная обработка детали будет производиться твердосплавными СМП из Т15К6. Для 1-2 операции выбираем 16К20Ф3 станок с ЧПУ.

Подрезка торцев

Подрезка торца с размера 88,8h16 мм до размера 85,6h15 мм до 83,9h14

Резец – подрезной отогнутый с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 ГОСТ18880-73. [2]

Поправочные коэффициенты:

Коэффициент, учитывающий состояние поверхности материал заготовки (сталь 40Х) и его прочность $K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия на скорость резания.

K_V - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания. [3]

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\phi V} \times K_{\phi IV} \times K_{RV} \times K_{QV} \times K_{OV},$$

где $K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}$ - коэффициент, учитывающий влияние качества

обрабатываемого материала (прочности) на скорость резания. Для стали 40Х

предел прочности на растяжение $\sigma_B=610 \text{ МПа}$, $K_r=1$, $n_V=1$;

K_{Hv} - коэффициент, учитывающий материал режущей части. Для режущей пластинки из твердого сплава T15K6 $K_{Hv} = 1,15$;

$K_{Пv} = 0,8$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{\varphi v} = 1$ - коэффициент, учитывающий геометрические параметры резца (главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$)

$K_{\varphi 1v} = 0,94$ - коэффициент, учитывающий геометрические параметры резца (вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 20^\circ$);

$K_{Rv} = 1$ - коэффициент, учитывающий геометрические параметры резца (радиус при вершине резца R);

$K_{Qv} = 1,12$ - коэффициент, учитывающий поперечное сечение державки;

$K_{Ov} = 1$ - коэффициент, учитывающий вид обработки.

$$\begin{aligned} K_V &= K_{MV} \times K_{ПV} \times K_{HV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ &= 1,2 \times 0,8 \times 1,15 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1,12 \times 1 = 1,2 \end{aligned}$$

Поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих влияние геометрии резца условия резания на силу резания.

$$K_P = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp}; K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

При $R_z = 80$ мкм: $s = 0,52$ мм/об [1] При такой большой допустимой шероховатости можно увеличить подачу до 0,52 мм/об.

Глубина резания: $t = 3,2$ мм [см. табл. 1.4.1].

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60$ мин [1]

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \times 3,2^{0,15} \times 0,52^{0,35}} \times 1,2 = 196 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Число оборотов шпинделя: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 196}{3,14 \times 125} = 499 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	Y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	2264
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \times 300 \times 3,2^1 \times 0,52^{0,75} \times 196^{-0,15} \times 0,85 = 2264 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{2264 \times 196}{1020 \times 60} = 7,3 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 7,3 < 11.$$

где $N_{\text{рез}}$ - мощность резания на токарном станке;

$N_{\text{ст}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Подрезку торца с размера 85,6h15 мм до 83,9h14 смотри в приложении А.

Обработка отверстия Ø62H7

Обдирка отверстия Ø58,7H15

Резец расточной с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 90°.

$$\text{Поправочные коэффициенты: } K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$\begin{aligned} K_V &= K_{MV} \times K_{\Pi V} \times K_{IV} \times K_{\varphi V} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ &= 1,2 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,84 \end{aligned}$$

При достаточно большом диаметре отверстия в штамповке øD_{0.1.2}= ø55H16 и

последующем $\varnothing D_{1.3} = \varnothing 58,7H15$ расточной резец можно взять с большим поперечным сечением, поэтому выбираем подачу $s = 0,34$ мм/об.

Глубина резания: $t = 2,45$ мм; [см. табл. 1.4.1].

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60$ мин;

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} \times 2,45^{0.15} \times 0,34^{0.35}} \times 0,84 = 165,3 \text{ м\} \text{мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 165,3}{3,14 \times 55,6} = 947 \text{ об\} \text{мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{M_p}	K_{φ_p}	K_{γ_p}	K_{λ_p}	K_{r_p}	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	1151
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,17	1,0	1,0	1,0	0,9945	

$$K_{P_z} = K_{M_p} \times K_{\varphi_p} \times K_{\gamma_p} \times K_{\lambda_p} \times K_{r_p} = 0,85 \times 0,89 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,7565.$$

$$P_Z = 10C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \times 300 \times 2,45^1 \times 0,34^{0,75} \times 165,3^{-0,15} \times 0,7565 = 1151 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{1151 \times 165,3}{1020 \times 60} = 3,1 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 3,1 < 11;$$

Черновая расточка отверстия $\varnothing 60,5H12$

Подача: $s = 0,34$ мм/об; Глубина резания: $t = 1,03$ мм [см. табл. 1.4.1].

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} \times 1,03^{0.15} \times 0,34^{0.35}} \times 0,84 = 188,3 \text{ м\} \text{мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 188.3}{3,14 \times 58.7} = 1022 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	$K_{Mр}$	$K_{фр}$	$K_{γр}$	$K_{λр}$	$K_{rр}$	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	474
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,17	1,0	1,0	1,0	0,9945	

$$K_{Pz} = K_{мр} \times K_{фр} \times K_{γр} \times K_{λр} \times K_{rр} = 0,85 \times 0,89 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,7565$$

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,03^1 \times 0,34^{0,75} \times 188.3^{-0,15} \times 0,7565 = 474 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{474 \times 188.3}{1020 \times 60} = 1,5 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; 1,5 < 11;$$

Чистовая расточка отверстия Ø61,2Н9

Подача: $s = 0,11 \text{ мм/об}$; Глубина резания: $t = 0.377 \text{ мм}$ [см. табл. 1.4.1].

$$\text{Стойкость: } T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0,2} \times 0.377^{0,15} \times 0,11^{0,2}} \times 0,84 = 280 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,2; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 280}{3,14 \times 60.5} = 1474 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	$K_{Mр}$	$K_{фр}$	$K_{γр}$	$K_{λр}$	$K_{rр}$	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	70
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,17	1,0	1,0	1,0	0,9945	

$$K_{Pz} = K_{мр} \times K_{фр} \times K_{γр} \times K_{λр} \times K_{rр} = 0,85 \times 0,89 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,7565.$$

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0.377^1 \times 0.11^{0.75} \times 280^{-0.15} \times 0.7565 = 70 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{70 \times 280}{1020 \times 60} = 0.32 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 0.32 < 11.$$

Расчёт режимов резания при обработке Ø120h14, отверстия Ø54K7, наружной поверхности Ø80h7, канавок и фасок, торцов и обточке буртика, смотри в приложении А.

1.7.2. Сверлильная обработка

Сверление 3-х отверстий поочередно диаметром 10 мм на проход

Для 3 операции выбираем сверлильный станок Модель 1Н125.

Сверление деталей производится спиральными сверлами из быстрорежущей стали Р6М5.

Диаметр сверла: $D=10\text{мм}$; длина отверстия: $l_g = A_{2.4}^{\text{max}} = 24,07\text{мм}$

Глубина резания: $t = 0,5D = 5\text{мм}$; Подача: $s=0,25 \text{ мм/об}$ [3]

Стойкость инструмента: $T=25\text{мин}$, есть охлаждение.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^{0.9} = 1,2; K_{IV} = 1 \quad K_{IV} = 1$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} = 1,2 \times 1 \times 1 = 1,2$$

$$K_P = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0.75} = 0,85$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V D^q}{T^m S^y} K_v = \frac{9,8 \times 10^{0,4}}{25^{0,2} \times 0,25^{0,5}} \times 1,2 = 31 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 9,8; \quad m=0,20; \quad y=0,5; \quad q=0,4;$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 31}{3,14 \times 10} = 987,2 \text{ об/мин}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p = 10 \times 0,0345 \times 10^2 \times 0,25^{0,8} \times 0,85 = 9,67 \text{ Н} \times \text{м}$$

$$C_M = 0,0345; \quad q=2; \quad y=0,8;$$

Сила резания:

$$P_O = 10 C_P D^q S^y K_p = 10 \times 68 \times 10^1 \times 0,25^{0,7} \times 0,85 = 2190,2 \text{ Н}$$

$$C_P = 68; \quad q=1; \quad y=0,7;$$

$$\text{Мощность: } N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{9,67 \times 987,2}{9750} = 0,98 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; 0,98 < 2,2$$

Зенкование 3-х отверстий поочередно на глубину 8 мм

Диаметр зенковки: $D=13\text{мм}$; диаметр предварительно обработанного отверстия:

$d=10\text{мм}$; глубина резания: $t = 0,5(D - d) = 1,5 \text{ мм}$.

Подача: $s=0,28 \text{ мм/об}$. Стойкость инструмента: $T=30\text{мин}$ с охлаждением.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2; \quad K_{IV} = 1; \quad K_{LV} = 1;$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{LV} = 1,2 \times 1 \times 1 = 1,2;$$

$$K_P = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V D^q}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{16,3 \times 13^{0,3}}{30^{0,3} \times 1,5^{0,2} \times 0,28^{0,5}} \times 1,2 = 26,5 \text{ м\ммин}$$

$$C_V = 16,3; \quad m=0,3; \quad y=0,5; \quad q=0,3; \quad x=0,2;$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 26,5}{3,14 \times 13} = 649,2 \text{ об\мин}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q t^x s^y K_p = 10 \times 0,09 \times 13^1 \times 1,5^{0,9} \times 0,28^{0,8} \times 0,85 = 5,2 \text{ Н} \times \text{м}$$

$$C_M = 0,09; \quad q=1; \quad x=0,9; \quad y=0,8;$$

Сила резания:

$$P_O = 10 C_P D^q t^x s^y K_p = 10 \times 67 \times 13^0 \times 1,5^{1,2} \times 0,28^{0,65} \times 0,85 = 405 \text{ Н}$$

$$C_P = 67; \quad q=0; \quad x=1,2; \quad y=0,65;$$

$$\text{Мощность: } N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{5,2 \times 649,2}{9750} = 0,34 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; \quad 0,34 < 2,2$$

1.7.3. Шлифовальные операции

Шлифовать наружную поверхность до диаметра $\varnothing 80h7$

Для данной операции выбираем круглошлифовальный станок MD1320B.

Выбор шлифовального круга: Белый электрокорунд 25А, зернистость 50, твердость круга СМ2, структура 7, керамическая связка из К5

Скорость вращения круга: $v_k = 35 \text{ м\с};$

Скорость вращения заготовки: $v_з = 25 \text{ м\мин};$

Глубина шлифования: $t = 0,05 \text{ мм};$

Ширина круга В=15 мм; диаметр круга D=600 мм; отверстие d=50 мм;

Продольная подача: $s_B = 0,3B = 4,5 \text{ мм/об};$

Поперечная подача: $s_t = 0,05 \text{ мм/дв.ход};$

Частота вращения детали: $n = 150$ об/мин;

Частота вращения круга:

$$n = \frac{v_k \times 60 \times 1000}{\pi \times D_k} = \frac{35 \times 60 \times 1000}{3,14 \times 600} = 1114 \text{ об/мин};$$

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \times V_3^r \times t^X \times s^Y \times d^q,$$

где - значение коэффициента C_N и показателей степени по таблице режимов резания при круглом цилиндрическом шлифовании [3]

$$C_N = 2,2; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55.$$

Тогда:

$$N = C_N \times V_3^r \times t^X \times s^Y \times d^q = 2,2 \times 25^{0,5} \times 0,05^{0,5} \times 4,5^{0,55} = 5,6 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 5,6 < 6,75$

Шлифование отверстий $\emptyset 62\text{H}7$ и $\emptyset 54\text{K}7$ в приложении А.

1.8. Нормирование технологических операций

1.8.1. Расчет основного времени

Основное время для токарных операций (1-2) определяем по формуле: [4]

$$T_o = L \times i / (n \times S), \text{ мин}$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об.

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_b + l_{cx} + l_{пд},$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

l_b – величина врезания инструмента, мм;

l_{cx} – величина схода инструмента, мм;

$l_{пд}$ – величина подвода инструмента, мм.

Принимаем: $l_{cx} = l_{пд} = 1$ мм.

Величина врезания инструмента:

$$l_{вр} = t / \operatorname{tg} \phi,$$

где t – глубина резания, мм;

ϕ – главный угол в плане.

Тогда формула для определения основного времени:

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \phi + l_{cx} + l_{пд}) \times i / (n \times S),$$

Основное время для первой токарной операции:

Переход 1: подрезка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(38 + \frac{3,2}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{2}{(499 \times 0,52)} = 0,38 \text{ мин},$$

Переход 2: подрезка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(38 + \frac{2,55}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(655 \times 0,24)} = 0,3 \text{ мин},$$

Переход 3: обдирка отверстия

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(62 + \frac{2,45}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right)}{(947 \times 0,34)} = 0,22 \text{ мин},$$

Переход 4: растачивание отверстия

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(62 + \frac{1,03}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right)}{(1022 \times 0,34)} = 0,19 \text{ мин},$$

Переход 5: растачивание отверстия

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(62 + \frac{0,377}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right)}{(1474 \times 0,11)} = 0,4 \text{ мин},$$

Переход 6: расточить канавку

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{нд}) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{(1,77 + 1 + 1)}{(699 \times 0,07)} = 0,08 \text{ мин}$$

Переход 7: расточить фаску

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(2,46 + \frac{2,46}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right)}{(1289,5 \times 0,07)} = 0,08 \text{ мин},$$

Переход 8: обточить наружный диаметр

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(27 + \frac{3,05}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right)}{(426,5 \times 0,52)} = 0,14 \text{ мин},$$

Переход 9: обточить наружный диаметр

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{pd} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(27 + \frac{1,515}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right)}{(615 \times 0,24)} = 0,2 \text{ мин},$$

Аналогично рассчитывается основное время для других операций, см. в приложении А.

1.8.2. Расчет вспомогательного времени

При обработке на станке с ЧПУ вспомогательное время затрачивается в основном для измерения обработанных поверхностей заготовки ($\approx 0,02 - 0,3$ мин в зависимости от требуемой точности обработки, т.к. измерения делаются не у каждой заготовки, а каждой 5-й или 10-й. Обычно для измерения диаметра + осевого размера при обработке одной поверхности требуется $0,2 - 0,4$ мин), установку и снятие заготовки (в пределах $0,1 - 0,3$ мин в зависимости от механизации приспособления). Смена инструмента, подвод к заготовке и настройка на размер по программе ЧПУ выполняются очень быстро.

При обработке на обычных станках:

$$T_v = T_{уст} + T_{упр} + T_{изм},$$

где $T_{уст}$ – время на установку и снятие детали;

$T_{упр}$ – время на управление станком;

$T_{изм}$ – время измерения детали.

Сверлильная:

$$T_v = T_{уст} + T_{упр} + T_{изм} = 0,35 + 0,18 + 0,1 = 0,63 \text{ мин};$$

Сверлильная (зенкование):

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{изм}} = 0 + 0,18 + 0,1 = 0,28 \text{ мин};$$

Термическая:

$$T_{\text{в}} = 0,06 \text{ мин};$$

Кругошлифовальная:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{изм}} = 0,35 + 0,4 + 0,4 = 1,15 \text{ мин};$$

Внутришлифовальная:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{изм}} = 0,3 + 0,4 + 0,4 = 1,1 \text{ мин};$$

Внутришлифовальная:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{изм}} = 0,3 + 0,4 + 0,4 = 1,1 \text{ мин};$$

1.8.3. Расчет оперативного времени

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}}.$$

1. Токарная:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 1,99 + 0,9 = 2,89 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 2,1 + 1,3 = 3,4 \text{ мин};$$

3. Сверлильная:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 0,6 + 0,91 = 1,51 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 1,37 + 0,06 = 1,43 \text{ мин};$$

5. Кругошлифовальная:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 1,72 + 1,15 = 2,87 \text{ мин};$$

6. Внутришлифовальная:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 0,91 + 1,1 = 2,01 \text{ мин};$$

7. Внутришлифовальная:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 0,31 + 1,1 = 1,41 \text{ мин};$$

1.8.4. Расчет времени на обслуживание рабочего места

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}},$$

где α – процент от оперативного времени.

1. Токарная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,02 \times 2,89 = 0,06 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,02 \times 3,4 = 0,07 \text{ мин};$$

3. Сверлильная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,51 = 0,06 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,05 \times 1,43 = 0,07 \text{ мин};$$

5. Кругошлифовальная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,05 \times 2,87 = 0,14 \text{ мин};$$

6. Внутришлифовальная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,05 \times 2,01 = 0,1 \text{ мин};$$

7. Внутришлифовальная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,05 \times 1,41 = 0,07 \text{ мин};$$

1.8.5. Расчет времени на отдых

$$t_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}}$$

Где, β - процент от оперативного времени.

1. Токарная:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 2,89 = 0,12 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 3,4 = 0,136 \text{ мин};$$

3.Сверлильная:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,51 = 0,06 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,43 = 0,06 \text{ мин};$$

5. Круглошлифовальная:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 2,87 = 0,11 \text{ мин};$$

6.Внутришлифовальная операция:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 2,01 = 0,08 \text{ мин};$$

7.Внутришлифовальная операция:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,41 = 0,06 \text{ мин};$$

1.8.6. Расчет подготовительно-заключительного времени

1. Токарная: $T_{\text{пз}} = 10 \text{ мин.}$

2. Токарная: $T_{\text{пз}} = 8 \text{ мин.}$

3.Сверлильная: $T_{\text{пз}} = 5 \text{ мин.}$

4. Термическая: $T_{пз} = 4$ мин.
5. Круглошлифовальная: $T_{пз} = 10$ мин.
6. Внутришлифовальная: $T_{пз} = 7$ мин.
7. Внутришлифовальная: $T_{пз} = 7$ мин.

1.8.7. Расчет штучного времени

$$T_{шт} = T_{осн} + T_v + T_{обс} + T_{отд}$$

1. Токарная:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_v + T_{обс} + T_{отд} = 3,07 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_v + T_{обс} + T_{отд} = 3,61 \text{ мин};$$

3. Сверлильная:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_v + T_{обс} + T_{отд} = 1,63 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_v + T_{обс} + T_{отд} = 1,56 \text{ мин};$$

5. Круглошлифовальная:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_v + T_{обс} + T_{отд} = 3,12 \text{ мин};$$

6. Внутришлифовальная:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_v + T_{обс} + T_{отд} = 2,19 \text{ мин};$$

7. Внутришлифовальная:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_v + T_{обс} + T_{отд} = 1,54 \text{ мин};$$

1.8.8. Расчет штучно-калькуляционного времени

$$T_{\text{шт.к}} = \sum T_{\text{шт}} + \frac{\sum T_{\text{пз}}}{n},$$

1. Токарная:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 3,075 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 3,614 \text{ мин};$$

3. Сверлильная:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 1,633 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 1,562 \text{ мин};$$

5. Круглошлифовальная:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 3,125 \text{ мин};$$

6. Внутришлифовальная:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 2,194 \text{ мин};$$

7. Внутришлифовальная:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 1,544 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт-к техпроц}} = \sum T_{\text{шт.к } i} = 19,752 \text{ мин.}$$

Таблица 1.8.1 – Параметры для расчёта времени на обработку по каждому переходу по всем операциям

№ оп. - перехода	Вид обработки и т.н. р-р	Режущий инструмент и его материал	Ø d (D) детали или инструм. (расчётный диаметр), мм	Длина в напр. подачи (L), мм	Ø d _{max} (D _{max}) или длина A _{max} детали до обработки	Ø d _{min} (D _{min}) или длина A _{min} детали после обраб	Припуск Z _{max}	Глубина резания t _{max} , мм	Число проходов i, шт	Подача s, мм/об (мм/мин)	Подача S _{min} , (мм/мин).	Скорость резания v, м/мин	Частота вращения шпинделя n, об/мин	T _{осн} , мин	T _{всп} , мин	T _{т-з} , мин (на всю операцию)	T _{шт-з} , мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.1	Обточить торец начерно A _{1.1} =85,6h15	Резец T15K6, φ=45°, r=2 мм, γ=7°, λ=0°	d _{0.3} = ø125 h16	(d _{0.3} - D _{0.1.2})/2 =125-55.6)/ 2=34,7 →38	A _{0.2} =88,8	84,2	4,6	3,2	2	0,52		196	499	0,38		10	3,075
1.2	Обточить торец окончательно A _{1.2} =83,9h14	Резец T15K6, φ=45°, r=2 мм, γ=7°, λ=0°	ø 125	38	A _{1.1} =85,6	83,03	2,55	2,55	1	0,24		257	655	0,3	0,1		
1.3	Расточить отв. начерно D _{1.3} =ø58,7H15	Резец расточной T15K6, φ=90°, r=2 мм, γ=7°, λ=0°	ø 58,7	62	D _{0.1.1} = =ø47H16	ø 58,7	2,45	2,45	1	0,34		165,3	947	0,22			
1.4	Расточить отв. предварительно D _{1.4} =ø60,5H12	Резец T15K6, φ=90°, r=2 мм, γ=7°, λ=0°	ø60,5	62	ø58,7H15	ø60,5	1,03	1,03	1	0,34		188,3	1022	0,19			
1.5	Расточить отв. получисто D _{1.5} =ø61,2H9	Резец T15K6, φ=90°, r=0,8 мм, γ=7°, λ=0°	ø61,2	62	ø60,5H12	ø61,2	0,377	0,38	1	0,11		280	1474	0,4	0,2		
1.6	Расточить канавку. D _{1.6} =ø64H14	Резец T15K6, φ=90°, r=2 мм, γ=7°, λ=0°	ø64	1,77	ø61,2H9	ø64	1,77	1,77	1	0,07		134,4	699	0,08			
1.7	Расточить фаску. D _{1.7} =ø61,2H9	Резец T15K6, φ=45°, r=2 мм, γ=7°, λ=0°	ø61,2	2,46	---	---	2,46	2,46	1	0,07		247,8	1289,5	0,08	0,2		
1.8	Обточить d _{1.8} =ø122,2h15	Резец T15K6, φ=45°, r=2 мм, γ=7°, λ=0°	ø122,2	27	ø126,7	ø120,6	3,05	3,05	1	0,52		167,4	426.5	0,14			
1.9	Обточить d _{1.9} = ø120h14	Резец T15K6, φ=45°, r=2 мм, γ=7°, λ=0°	ø120	27	ø122,2	ø 119,13	1,515	1,515	1	0,24		236	615	0,2	0,2		
1.10	Установить и снять заготовку														Σt _в = 0,9		

Продолжение таблицы 1.8.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2.1	Обточить торец начерно $A_{2.1}=83h15$	Резец T15K6, $\varphi=45^\circ$, $r=2$ мм, $\gamma=7^\circ$, $\lambda=0^\circ$	$\varnothing 86,2$	22	83,9	81,6	4,6	3.2	2	0,52		196	724	0,17		8	3,614
2.2	Обточить торец окончательно $A_{2.2}=80h14$	Резец T15K6, $\varphi=45^\circ$, $r=2$ мм, $\gamma=7^\circ$, $\lambda=0^\circ$	$\varnothing 86,2$	22	83	79,26	2.42	2.42	1	0,24		259	957	0,13	0,2		
2.3	Обточить торец начерно $A_{2.3}=24,7h14$	Резец T15K6, $\varphi=45^\circ$, $r=2$ мм, $\gamma=7^\circ$, $\lambda=0^\circ$	$\varnothing 120$	19.5	25,656	24,18	1.36	1.36	1	0,24		282,3	749	0,14			
2.4	Обточить торец окончат $A_{2.4}=24^{+0,07}_{-0,37}$	Резец T15K6, $\varphi=45^\circ$, $r=2$ мм, $\gamma=7^\circ$, $\lambda=0^\circ$	$\varnothing 120$	19.5	24,7	23,63	1.03	1.03	1	0,24		294	780	0,13	0,1		
2.5	Расточить отв. Начерно $D_{2.5}=\varnothing 50,7H15$	Резец расточной T15K6, $\varphi=90^\circ$, $r=2$ мм, $\gamma=7^\circ$, $\lambda=0^\circ$	$\varnothing 50,7$	23	$\varnothing 48,9$	$\varnothing 50,7$	2.45	2.45	1	0,34		165	1219	0,08			
2.6	Расточить отв. предварительно $D_{2.6}=\varnothing 52,5H12$	Резец расточной T15K6, $\varphi=90^\circ$, $r=2$ мм, $\gamma=7^\circ$, $\lambda=0^\circ$	$\varnothing 52,5$	23	$\varnothing 51,9$	$\varnothing 52,5$	1.03	1.03	1	0,34		188,3	1183	0,07			
2.7	Расточить отв. Получисто $D_{2.7}=\varnothing 53,2H9$	Резец расточной T15K6, $\varphi=90^\circ$, $r=2$ мм, $\gamma=7^\circ$, $\lambda=0^\circ$	$\varnothing 53,2$	23	$\varnothing 52,8$	$\varnothing 53,2$	0.377	0.377	1	0,11		280	1698.5	0,14	0,2		
2.8	Обточить нару. Поверхность $d_{2.8}=\varnothing 83,7h15$	Резец T15K6, $\varphi=45^\circ$, $r=2$ мм, $\gamma=7^\circ$, $\lambda=0^\circ$	$\varnothing 83,7$	56	$\varnothing 87,7$	$\varnothing 82,3$	2.7	2.7	1	0,34		197,8	730,8	0,24			
2.9	Обточить нару. Поверхность $d_{2.9}=\varnothing 81,7h12$	Резец T15K6, $\varphi=45^\circ$, $r=2$ мм, $\gamma=7^\circ$, $\lambda=0^\circ$	$\varnothing 81,7$	56	$\varnothing 83,7$	$\varnothing 81,35$	1.155	1.155	1	0,34		225	856	0,20			
2.10	Обточить нару. Поверхность $d_{2.10}=\varnothing 80,9h9$	Резец T15K6, $\varphi=45^\circ$, $r=2$ мм, $\gamma=7^\circ$, $\lambda=0^\circ$	$\varnothing 80,9$	56	$\varnothing 81,7$	$\varnothing 80,813$	0.408 5	0.408 5	1	0,11		336	1310	0,4	0,2		
2.11	Обточить канавку. $d_{2.11}=\varnothing 76h14$	Резец T15K6, $\varphi=90^\circ$, $r=2$ мм, $\gamma=7^\circ$, $\lambda=0^\circ$	$\varnothing 76$	2,82	$\varnothing 80,9$	$\varnothing 75,26$	2.82	2.82	1	0,07		134,4	529	0,13			

Продолжение таблицы 1.8.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2.12	Расточить канавку D _{2.12} =ø64H14	Резец T15K6, φ=90°, r=2 мм, γ=7°, λ=0°	ø64	1,77	ø 61,274	ø 64	1.77	1.77	1	0,07		134,4	699	0,08	0,2		
2.13	Растрчить фаску. D _{2.13} =ø53,2H9	Резец T15K6, φ=45°, r=2 мм, γ=7°, λ=0°	ø53,2	2,45	--	--	2.45	2.45	1	0,07		248	1485	0,07			
2.14	Обточить фаску. d _{2.11} =ø61,2h9	Резец T15K6, φ=45°, r=2 мм, γ=7°, λ=0°	ø61,2	2,95	--	--	2.95	2.95	1	0,07		241,2	949,5	0,12	0,2		
	Установить и снять заготовку														0,2 Σt _{всп} =1,3		
3.1	Сверлить на проход поочередно 3 отв. D _{3.1} = ø 10	Сверло из быст. Стали P6M5	ø 10	24	--	ø 10	--	5	1	0,25		31	1000	0,36	0,28	5	1,633
3.2	Зенковать поочередно 3 отв. D _{3.2} = ø 13	Зенкер из быст. Стали P6M5	ø 13	8	--	ø 13	--	1,5	1	0,28		26,5	650	0,24	0,28		
	Установить и снять заготовку														0,35 Σt _в = 0,91		
	Закалить и отпустить HRC 42...46	Печь												1,37	0,06	4	1,562
5.1	Шлифовать поверхность предварительно d _{5.1} = ø 80,2h8	Белый электрокорунд 25А, зернистость 50, твёрдость круга CM2,	ø 80,2	56	ø 80,9	ø 80,146	0,340 5	0,05	7	4,5	675	25	150	1,2	0,4	10	3,125
5.2	Шлифовать поверхность окончательно d _{5.2} = ø 80h7	структура 7, керамическая связка из K5	ø 80	56	ø 80,2	ø 79,97	0,112	0,05	3	4,5	675	25	150	0,52	0,4		
	Установить и снять заготовку														0,35 Σt _{всп} =1,1 5		

Продолжение таблицы 1.8.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6.1	Шлифовать отверстие D _{6.1} = ø61,8H8	Белый электрокорунд 25А, зернистость 50, твёрдость круга СМ1-С1, структура 7, керамическая связка из К5	ø61,8	62	ø 61,274	ø 61,8	0,329 5	0,02	17	18	324 0	30	180	0,67	0,4	7	2,194
6.2	Шлифовать отверстие D _{6.2} = ø62H7		ø62	62	ø 61,845	ø 62	0,107 5	0,02	6	18	324 0	30	180	0,24	0,4		
	Установить и снять заготовку														0,3 Σt _{всп} =1,1		
7.1	Шлифовать отверстие D _{7.1} = ø 53.8H8		ø 53.8	20	ø 53,274	ø 53,8	0,33	0,02	17	18	324 0	30	180	0,23	0,4	7	1,544
7.2	Шлифовать отверстие D _{7.2} = ø 54K7		ø 54	20	ø 53,846	ø 54	0,108	0,02	6	18	324 0	30	180	0,08	0,4		
	снять заготовку														0,3 Σt _{всп} =1,1		

2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

В качестве технологической оснастки для второй операции выбрана кулачковая фланцевая разжимная оправка по ГОСТ 17531-72.

Целью конструкторской части является разработка данного приспособления для второй токарной операций, определения силы закрепления и диапазона зажима внутреннего отверстия детали.

2.1. Выбор принципа работы разжимной оправки.

Определяем присоединительные габаритные размеры разжимной кулачковой фланцевой оправки по ГОСТ 17531-72, принимая во внимание размеры шпинделя станка:

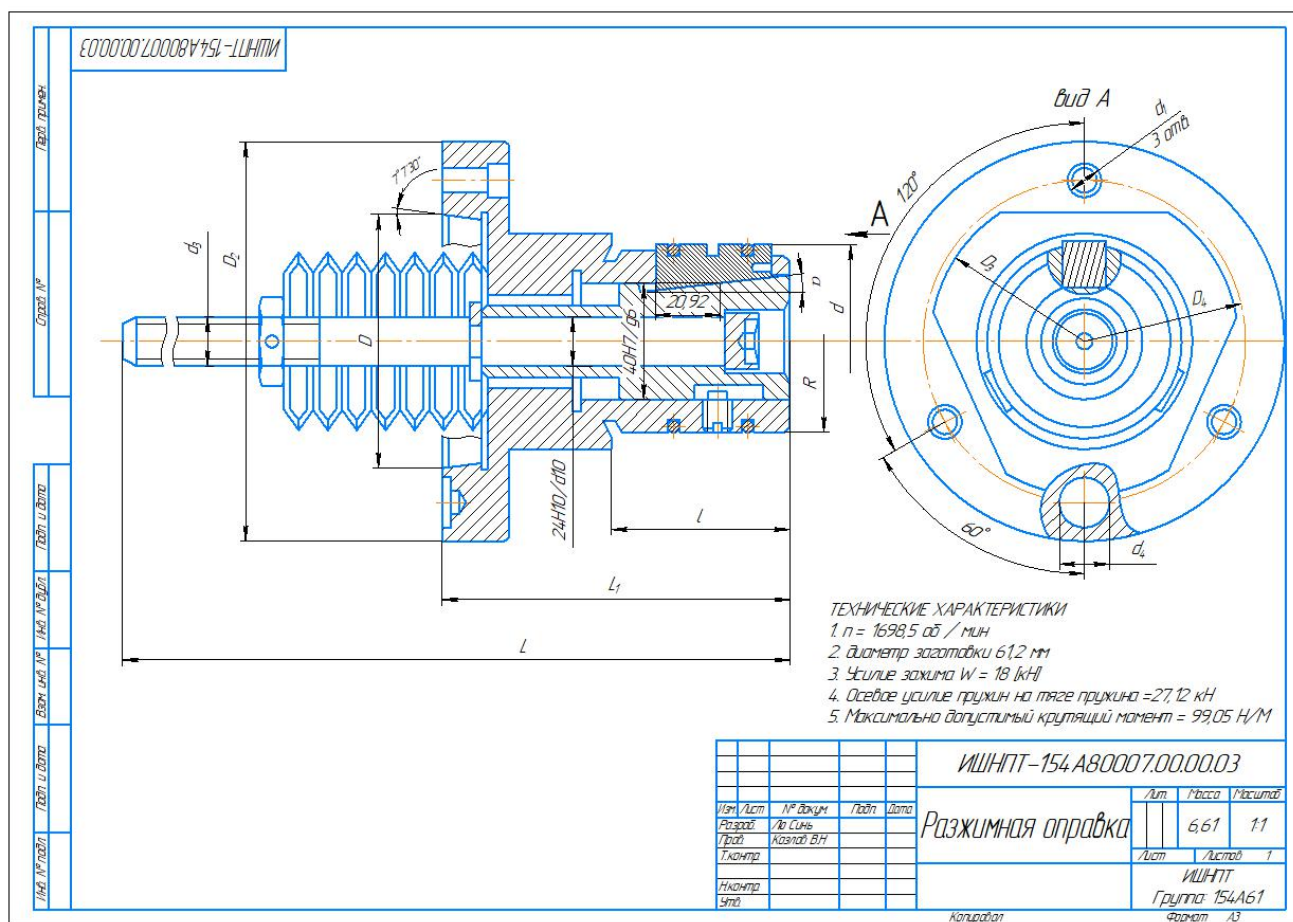


Рис.2.1.1 Чертеж разжимной оправки.

Таблица. 2.1.2 Размеры разжимной самоцентрирующей оправки

d	D		L	l	D ₂	D ₃	D ₄	d ₁	d ₃	d ₄	L ₁	Вес, кг.
	Ном.	Откл.										
61,15 (для отв. Ø61,2H9)	82,563	+0,004 -0,006	350	100	130	100	104,8 ± 0,2	11	M16; M24	16,3 ±0,1	155	6,61

Назначаем посадочный диаметр d разжимной оправки под отверстие Ø61,2H9^(+0,074):

$$d_{max}=D_{max}=61,274 \text{ мм}; d_{\text{настр до разжима}} = 61,18 \text{ мм.}$$

Требуемое наибольшее перемещение (ход) кулачков для закрепления заготовки за отверстие Ø61,2H9: $\Delta_{max} = (61,274 - 61,18)/2 = 0,047 \text{ мм.}$

Оправка состоит из нескольких элементов, трудно добиться идеального

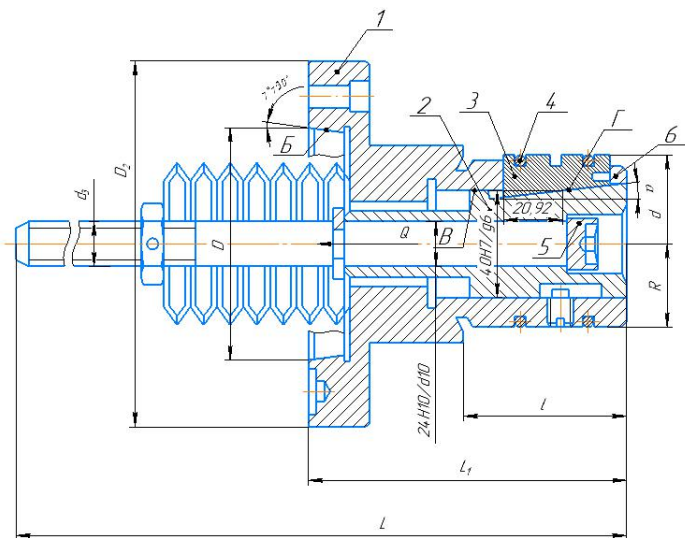


Рис. 2.1.3 Разрез кулачковой

положения кулачков даже при точной обработке всех составляющих элементов: корпуса оправки (должна быть хорошая соосность посадочного конуса Б корпуса оправки 1 на коническую часть шпинделя токарного станка и цилиндрического отверстия В корпуса, вдоль которого

перемещается плунжер 2), также должна быть хорошая соосность конической части Г плунжера с посадочным конусом Б корпуса оправки; размеры кулачков 3 должны быть абсолютно одинаковыми (иначе один кулачок будет выступать по диаметру относительно других).

Поэтому после сборки оправки и предварительного настроя кулачков на размер, рассчитаем за счёт осевого перемещения плунжера 2, оправка устанавливается в шпиндель станка и обтачивается «по месту», чтобы устранить первоначальное биение кулачков, т.е. отклонение от соосности наружной поверхности кулачков с осью вращения шпинделя станка. Перед обточкой

устанавливаются достаточно жёсткие разрезные кольца 4 (2 шт.), чтобы кулачки были плотно прижаты к конической части плунжера и не болтались. После обточки (шлифовки) диаметр уменьшится. После этого вместо жёстких разрезных колец 4 (2 шт.) устанавливаются менее жёсткие разрезные кольца 4 (2 шт.), чтобы они меньше создавали сопротивление перемещению кулачков при зажиме заготовки. Эти кольца не дадут распасться кулачкам после установки на станке, не дадут разлететься кулачкам при подаче давления в мембранную камеру без заготовки по ошибке оператора.

Задача при настройке оправки заключается в том, чтобы кулачки позволяли устанавливать на них заготовку с отверстием $D_i = D_{\min} = \varnothing 61,2$ мм без особых сложностей, поэтому в этом случае зазор S должен быть не менее 0,02 мм ($d^*_{\min} = 61,18$ мм), но для уменьшения радиального перемещения кулачков и не более 0,03 мм, чтобы в целом не увеличился ход кулачков и не уменьшилась точность центровки заготовки.

На рис 2.1.4 показана дополнительная канавка для размещения в ней разрезного (пружинного) кольца

перед установкой в 2-х остальных канавках жёстких (неразрезных) колец перед обточкой по месту, чтобы кулачки не рассыпались, и чтобы не надо было их придерживать перед установкой жёстких колец. Эта дополнительная канавка располагается посередине

кулачков. Глубина всех канавок должна быть 3 мм, чтобы кольца не выступали над пов. Толщина разрезных (пружинных) колец тоже 2 мм, чтобы они надёжно прижимали кулачки к наклонной пов. плунжера (усилие прижима к плунжеру должно быть около 50 Н), они обеспечивают сжатие кулачков для удобного снятия заготовки после её обработки, удобную установку заготовки на кулачки оправки перед обточкой на 2-й операции.

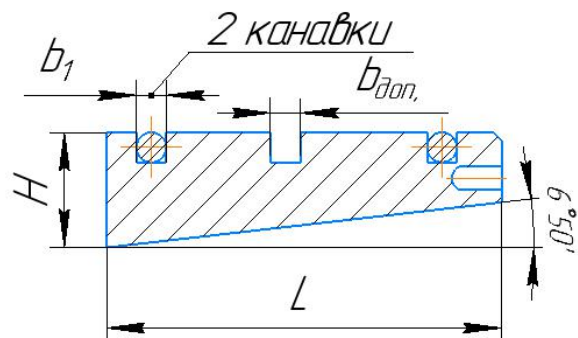


Рис. 2.1.4 Эскиз кулачка оправки. Показана дополнительная канавка посередине для размещения разрезного кольца при обточке по месту

Для этой разжимной оправки в качестве привода лучше использовать пневмокамеру одностороннего действия (рис 2.1.5), т.к. нам нужно усилие только вправо (для раскрепления) [7].

Пневмокамера мембранного типа состоит из корпуса и крышки, между которыми зажата мембрана 6 тарельчатой формы из прорезиненной ткани. Сжатый воздух поступает в камеру через штуцер 1 давит на мембрану и перемещает диск 4 со штоком 9.

На резьбовой конец штока может навинчиваться толкатель, воздействующий на зажимной механизм приспособления. В предлагаемой конструкции пневмокамеры резьбовая часть на штоке не нужна, т.к. шток будет толкать, а не тянуть (рис. 2.1.5).

При выпуске сжатого воздуха в атмосферу шток под действием пружин 2 и 3 вместе с диском и мембраной возвращается в исходное положение.

Пневмодвигатель закрепляется на корпусе приспособления шпильками 8. Отверстие 7 служит для выхода воздуха из правой полости при рабочем ходе штока.

Корпус и крышка отливаются из серого чугуна или штампуются из малоуглеродистой стали. Могут быть изготовлены также из алюминиевого сплава АЛ9В, АЛ10В и из пластмассы волокнит.

Наибольший ход (выдвижение) кулачков в радиальном направлении $L_{\text{рад}}$ зависит от 2-х факторов:

1) от наибольшего перемещения штока пневмокамеры, которое зависит от диаметра камеры (см. рис. 2.1.6) (чем диаметр больше, тем больше возможное перемещение из-за ограниченной эластичности мембраны) и диаметра шайб,

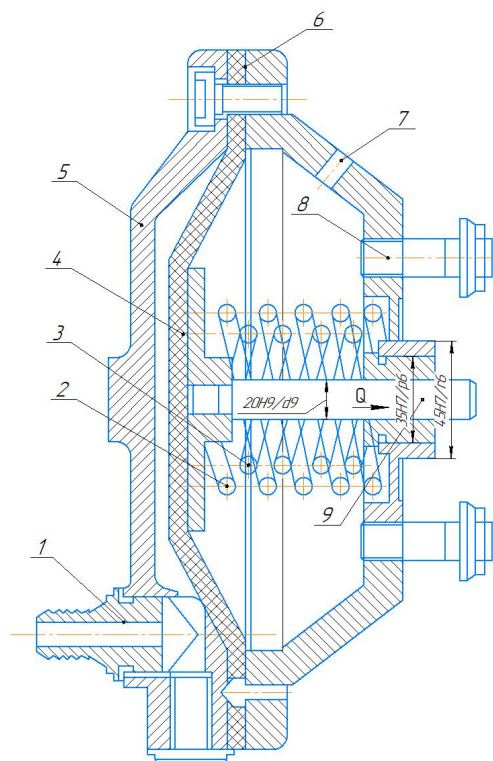


Рис. 2.1.5 Эскиз пневмокамеры одностороннего действия.

стягивающие (прижимающих) мембраны друг к другу (чем больше диаметр шайб, тем меньше осевое перемещение).

Длина хода штока ($L_{\text{штока}}$) зависит от материала мембран, диаметра (D) и толщины мембраны (t): $L_{\text{штока}} = (0,18 \dots 1,45)D$, поэтому при $\varnothing 320$ мм $L_{\text{штока}} = 58$ мм.

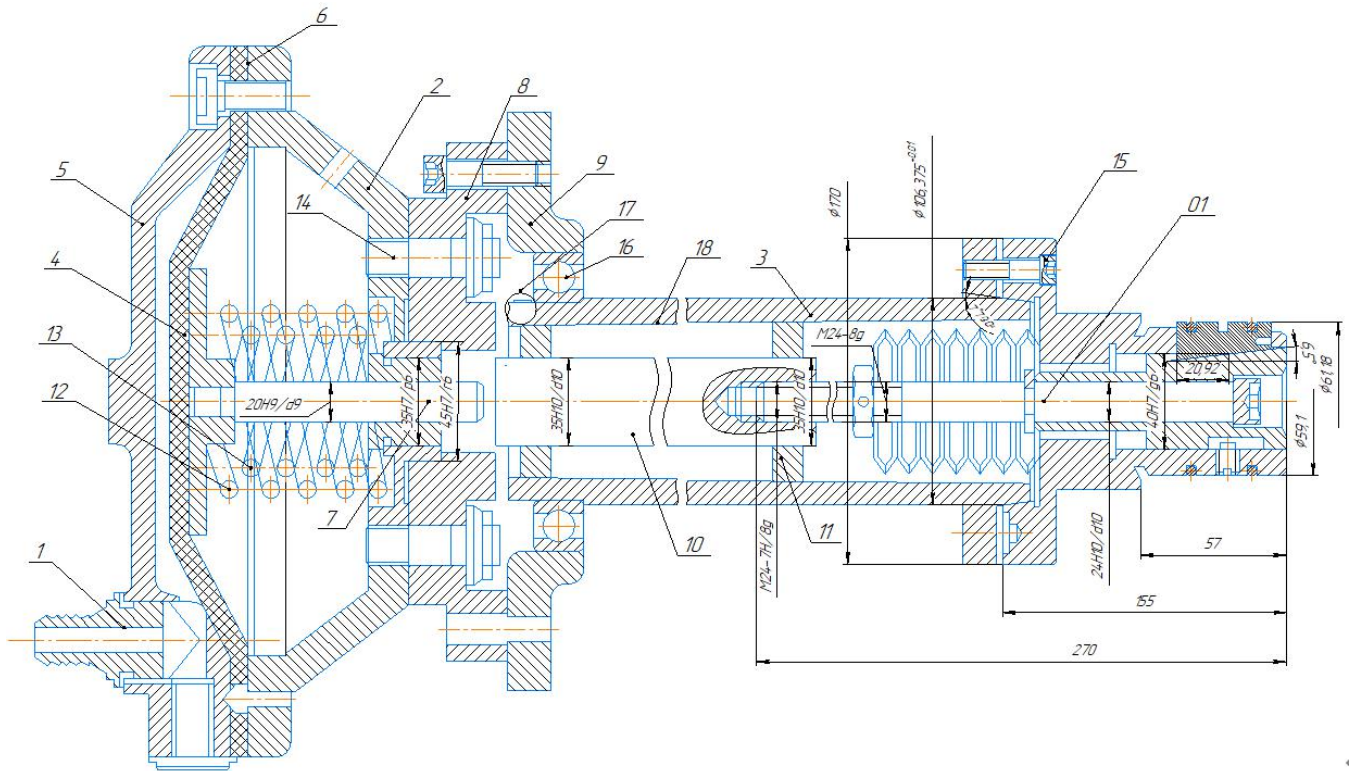


Рис 2.1.6 Эскиз разжимной фланцевой оправки смембранной пневмокамерой одностороннего действия. Показано крайнее левое положение штока камеры, достигаемое перед включением вращения шпинделя.

3 – шпиндель; 8 – фланцевый кроштейн; 9 – задняя стенка корпуса передний бабки станка; 10 – удлинитель(толкатель); 11 – пробка (2 шт.); 15 – болт с внутренним шестигранным гнездом; 18 – конические отверстия с Морзе №6 на концах отверстия шпинделя станка.

2) от допустимого осевого хода плунжера $L_{\text{плунжера}}$, который может быть ограничен конструкцией оправки. В нашей конструкции это осевое расстояние от наклонной поверхности плунжера (т.к. это не коническая поверхность по всему диаметру, а уклон с шириной $b = 10$ мм равной ширине кулачка, см. по чертежу оправки в разрезе рис. 2.1.1) до передней стенки корпуса оправки $L_{\text{плунжера}}$ (рис. 2.1.3), если диаметр отверстия $\varnothing D_{\text{отв}}$ меньше или равен диаметру наклонной поверхности плунжера $\varnothing D_{\text{кон плунж}}$.

Поэтому сначала на чертеже проводим линию от пов. $\varnothing D_{\text{отв}}$ до наклонной поверхности плунжера, а затем по чертежу с учётом его масштаба определяем

допустимый осевой хода плунжера $L_{\text{плунжера max}}$, считая, что при крайнем правом положении штока плунжер тоже находится в крайнем правом положении (положение «Разжато»). Наибольшее диаметральное перемещение кулачков, т.е. наибольшее увеличение диаметра наружной поверхности кулачков Δd_{max} , равно двойной величине радиального перемещения, которое рассчитываем исходя из наибольшего хода плунжера $L_{\text{плунжера max}}$ и угла наклона сопрягаемых поверхностей кулачков и плунжера. По чертежу определяем, что $L_{\text{плунжера max}} = 20,92$ мм. Рассчитываем наибольшее перемещение кулачков на диаметр:

$$\Delta d_{\text{max}} = 2L_{\text{рад}} = 2(\tan \alpha \times L_{\text{плунжера max}}) = 2(\tan 6,5 \times 20,92) = 4,8 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{кулачков min}} = D_{\text{заг min}} - 0,02 \text{ мм} = 61,2 - 0,02 = 61,18 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{оправки max}} = d_{\text{кулачков min}} - 2 \text{ мм} = 61,18 - 2 = 59,18 \text{ мм.}$$

Принимаем исполнительный диаметр корпуса оправки $d_{\text{оправки}} = 59,1h9(-0,074) \text{ мм.}$

Рассчитывается наибольший возможный диаметр отверстия заготовки без переустановки кулачков: $D_{\text{заг возм max}} = d_{\text{кулачков min}} + \Delta d_{\text{max}} = 61,18 + 4,8 = 65,98 \text{ мм.}$

Таким образом с одним комплектом кулачков в одной и той же оправке теоретически можно закреплять заготовки с диаметром отверстия $D_{\text{заг}}$ от 61,2 до 65,98 мм. Практически сделать это можно только после предварительной тонкой обточки кулачков «по месту». Это связано с увеличением погрешности установки при увеличении хода кулачков.

Если из-за перемещения кулачков установочный диаметр будет увеличиваться больше, чем на 0,2 мм, то увеличится погрешность отклонения от соосности наружной обрабатываемой поверхности заготовки диаметром $d_{\text{заг } i}$ относительно базового отверстия заготовки $D_{\text{заг } i}$.

Для того, чтобы при случайной подаче воздуха в правую камеру без заготовки на оправке кулачки не разлетелись, предусматриваются две меры:

1) Настраивается пневмокамера так, чтобы ход её штока $L_{\text{плунжера max доп}}$ не допустил слишком большого радиального перемещения кулачков. Обычно это не более максимально допустимого $\Delta d_{\text{max доп}} = 1 \text{ мм}$, чтобы разрезные кольца не

разжались слишком сильно и кулачки не выпали из оправки.

$$L_{\text{плунжера max доп}} = \Delta d_{\text{max доп}} / (2 \tan \alpha) = 1 / (2 \times \tan 6,5^\circ) = 1 / (2 \times 0,11) = 4,54 \text{ мм.}$$

Эта настройка возможна при соответствующем присоединении (привинчивании) удлинителя (толкателя) к тяге плунжера оправки.

2) Выполняется расчёт предотвращения слишком большого зазора разрезных колец при наибольшем возможном радиальном перемещении кулачков Δd_{max} . Наибольший ход штока пневмокамеры $L_{\text{плунжера max}} = 20,92$ мм, при этом увеличение диаметра наружной поверхности канавок в кулачках будет не более $\Delta d_{\text{max}} = 4,8$ мм. Поэтому при достаточно большом диаметре канавок в кулачках равном 57 мм разрезные кольца не разожмутся слишком сильно и не позволят кулачкам выпасть из оправки.

Зазор между штоком камеры и толкателем должен быть 5 – 10 мм, а ход штока должен быть ограничен 10 – 15 мм. Наибольший ход пружина оправки при закреплении отверстия $D_{1,5} = \varnothing 61,2\text{H}9$ ($L_{\text{закр}} = 4,54 \text{ мм} + 5 - 10 \text{ мм}$).

$$L_{\text{закр}} = L_{\text{плунжера max доп}} = \Delta d_{\text{max доп}} / (2 \tan \alpha) = 1 / (2 \times \tan 6,5^\circ) = 1 / (2 \times 0,11) = 4,54 \text{ мм} \approx 5 \text{ мм.}$$

Из справочника определяем, что комплект из 6 тарельчатых мембран (пружин) с наружным диаметром 50 мм и отверстием 30 мм создаёт силу 13 000 Н. Но нам нужно $Q_{\text{пружины}} = 1,2 \times 22\,600 = 27\,120$ Н (см. расчёт усилия закрепления далее в разделе 2.3. и 2.4), т.е. потребуется 14 пружин (рис. 2.2 и 2.5). Чем больше пружин, тем больше наибольшее осевое перемещение. Достоинства стальных мембран (тарельчатых пружинных мембран) – большое усилие при небольших размерах. Недостаток - небольшой ход. В приведённом выше случае всего 6 мм, но для разжимной оправки этого достаточно.

2.2. Расчёт моментов сил резания и трения.

Так как на данной операции будет производиться обработка наружного диаметра детали и внутреннего диаметра, то последующий расчет момента силы резания будет осуществляться по максимальной силе резания

P_Z :

- 1) При наружном точении: $P_Z = 1387 \text{ Н}$;
- 2) При внутреннем точении: $P_Z = 1216 \text{ Н}$;
- 3) При подрезке правого торца $P_Z = 2264 \text{ Н}$ $P_x = 805 \text{ Н}$

Для обработки детали, должно выполняться условие:

$$M_{\text{рез.}} \leq M_{\text{тре.}} \quad (1)$$

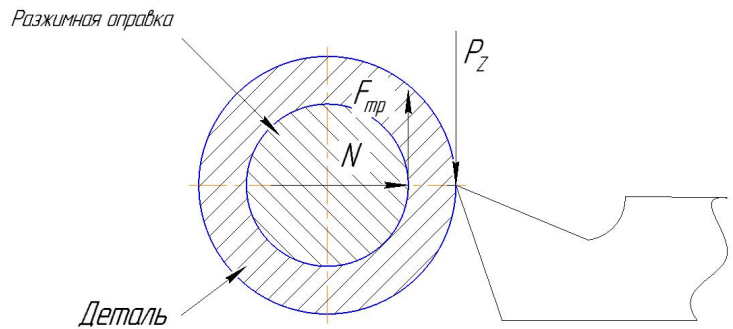


Рис. 2.2.1 Схема сил, действующих при резании и закреплении заготовки

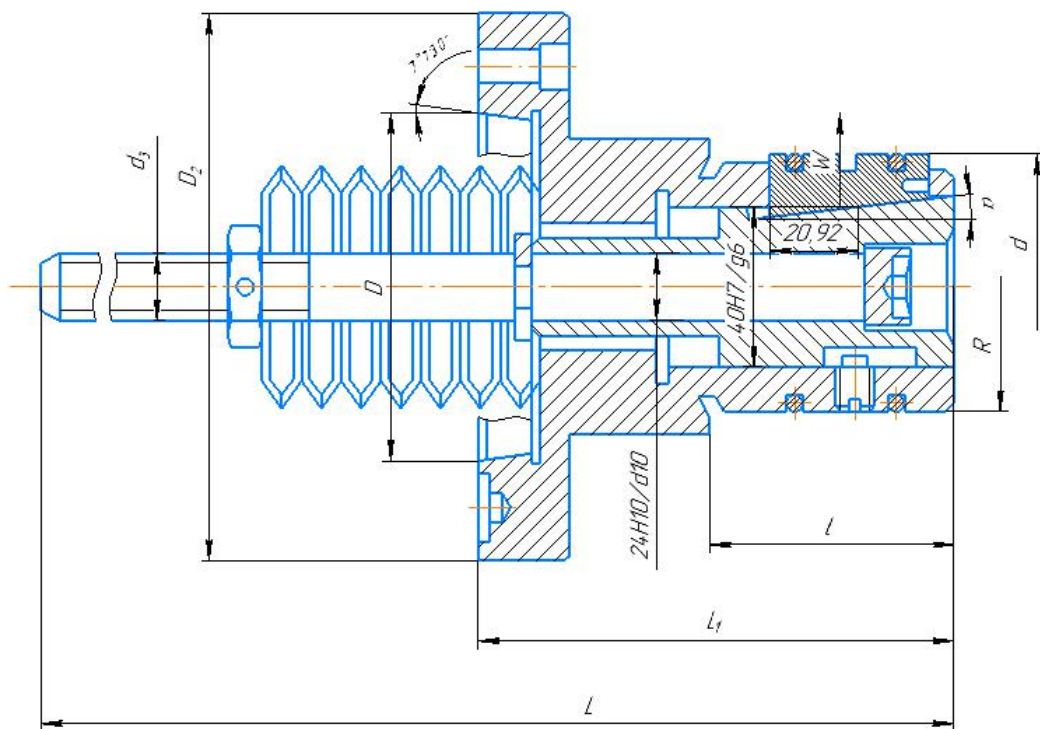


Рис. 2.2.2 Схема для определения требуемого усилия зажима при обработке в разжимной оправке

Момент силы резания рассчитываем по формуле:

$$M_{\text{рез.}} = P_z \frac{D_{\text{max}}}{2} \quad (2)$$

где: $D_{\text{max}} = d_{0.2\text{max}} = 87,5 \text{ мм}$; $M_{\text{рез.}} = 2264 \times \frac{0,0875}{2} = 99,05 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

Момент силы трения рассчитываем по формуле:

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \frac{d_{\text{оправки}}}{2} \quad (3)$$

Найдем силу трения и реакции опоры по формулам:

$$F_{\text{тр}} = N \times f; \quad N = P_z \frac{d_{0.2}}{d_{\text{опраки}} \times f} \quad (4-5)$$

где f – коэффициент трения (при трении сталь по стали $f=0,15$).

Рассчитываем реакцию опоры по формуле (5):

$$N = 2264 \times \frac{0,0875}{0,06115 \times 0,15} = 21,6 \text{ кН};$$

Рассчитываем силу трения по формуле (4):

$$F_{\text{тр}} = 21,6 \times 0,15 = 3,24 \text{ кН};$$

Рассчитываем момент силы трения по формуле (3):

$$M_{\text{тр}} = 3240 \times \frac{0,06115}{2} = 99,06 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Условие выполняется (1): $99,05 \leq 99,06$

2.3. Расчёт резьбы на тяге плунжера оправки и усилия закрепления заготовки

Прочность резьбового соединения тяга-гайка на срез при действии усилия пружин $W = 27,12 \text{ кН}$ при отключении воздуха в камере:

$$\tau = \frac{W}{\frac{\pi}{4} \times d_1^2} = \frac{27120}{\frac{\pi}{4} \times 14,4^2} = 166,5 \text{ МПа} \leq [\tau_{\text{м}}] \quad (6)$$

где d_1 – внутренний диаметр винта. В первом приближении приняли резьбу М16;

$[\tau_{\text{м}}]$ – допускаемое напряжение материала винта (сталь 35) на срез. $[\tau_{\text{м}}] = 200 \text{ МПа}$.

при включении воздуха:

$$\tau = \frac{W}{\frac{\pi}{4} \times d^2} = \frac{32500}{\frac{\pi}{4} \times 14.4^2} = 199,5 \text{ МПа} \leq [\tau_m]$$

допускаемое напряжение на растяжение:

$$[\sigma] = 80 - 100 \text{ МПа}$$

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4W}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \times 27120}{\pi \times 100}} = 18,6 \text{ мм} \quad (7)$$

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{4W}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \times 32500}{\pi \times 100}} = 20 \text{ мм.}$$

Поэтому нам нужен винт не менее 23 мм по наружному диаметру, принимаем М24-8g.

Для расчёта требуемого осевого усилия на штоке пневмокамеры из схем, приведенных на рис. 2.6 и 2.7, находим:

$$W_{\text{сум}} \times f \times R = K \times M_{\text{рез}} \quad (8)$$

Отсюда:

$$W_{\text{сум}} = \frac{K \times M_{\text{рез}}}{f \times R}; \quad W = \frac{W_{\text{сум}}}{Z}; \quad (9.1-9.2)$$

где $M_{\text{рез.}} = 99,05 \text{ Н} \times \text{м}$ - момент силы резания;

$W_{\text{сум}}$ - суммарная сила зажима всеми кулачками;

W - сила зажима одним кулачком;

$Z=3$ – число кулачков;

$R = \frac{D_{1.5}}{2} = \frac{61,2}{2} = 30,6 \text{ мм}$ - радиус отверстия заготовки;

$f=0,15$ - коэффициент трения;

K – коэффициент запаса.

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 \quad (10)$$

Указанные коэффициенты принимаем из [6]:

где $K_0 = 1,5$ – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки: при черновой обработке $K_1 = 1,2$;

K_2 - коэффициент учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента (выбираем по таблице в зависимости от метода обработки и материала заготовки: $K_2 = 1$;

K_3 - коэффициент учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании: для непрерывного резания $K_3 = 1$;

K_4 - коэффициент характеризующий постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом: для механизированных приводов $K_4 = 1,3$;

K_5 - коэффициент характеризующий эргономику немеханизированного зажимного механизма (удобство расположения органов зажима): $K_5=1$.

Таким образом, $K = 2,34$. Принимаем $K=2,5$.

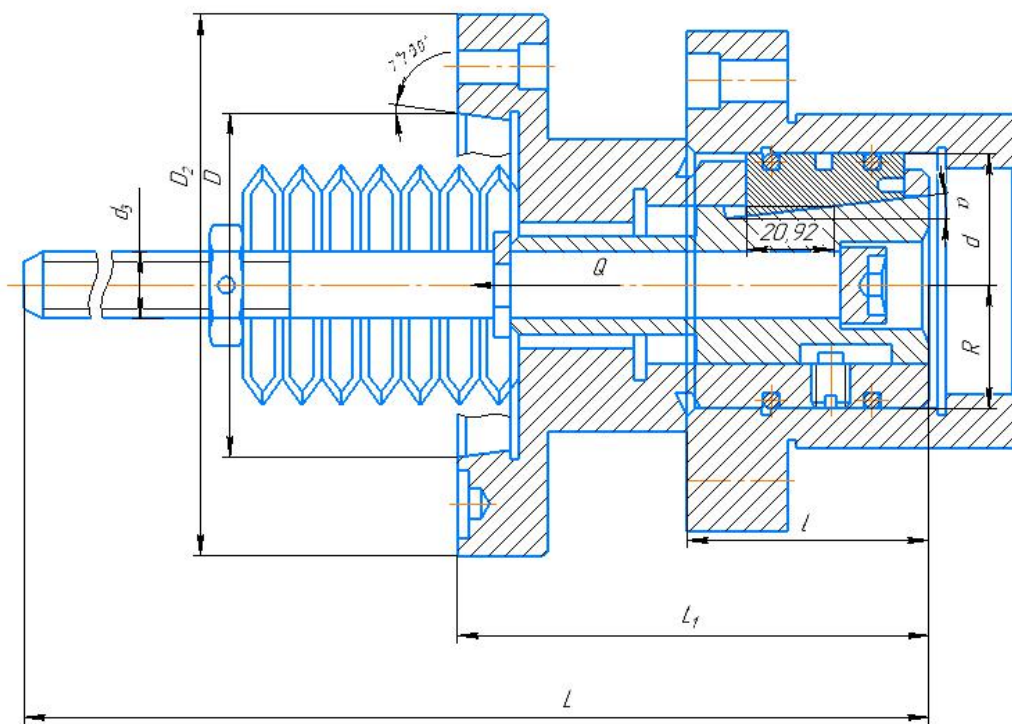


Рис 2.3.1 Эскиз оправки с закреплённой заготовкой.

Рассчитываем суммарную силу зажима по формуле (9.1):

$$W_{\text{сум}} = \frac{2,5 \times 99,05}{0,15 \times 0,0306} = 53,9 \text{ кН};$$

Рассчитываем зажим на 1 кулачок:

$$W = \frac{53,9}{3} = 18 \text{ кН};$$

Найденное значение $W_{\text{сум}}$ проверяется на отсутствие осевого сдвига

заготовки:

$$W_{\text{сум}} \times f \geq K \times P_X \quad (11)$$

Где $P_X = 805 \text{ Н}$ - осевая сила резания;

$$53900 \times 0,15 \geq 2,5 \times 805 \rightarrow 8085 \geq 2012,5$$

Условие отсутствия осевого сдвига выполняется.

На рис 2.3.1 в рассматриваемом случае расчёт на смещение заготовки вдоль оси оправки в левую сторону делать не надо, т.к. заготовка своим левым торцом упирается в буртик приспособления, и перемещаться не сможет.

Рассчитываем возможность раскрепления заготовки при включении пневмокамеры:

$$Q_{\text{штока камеры}} > 1,2 \times Q_{\text{пружин}} = 1,2 \times 27,12 = 32,5 \text{ кН.}$$

Т.к. $Q_{\text{штока камеры}} = 32,5 \text{ кН}$, то заготовка усилием штока будет раскрепляться ($Q_{\text{пружин}} = 27,12 \text{ кН}$).

2.4. Расчёт условия самоторможения клина и внутреннего диаметра пневмокамеры

Для того, чтобы при прекращении осевого усилия из-за отключения подачи воздуха не произошло самопроизвольное раскрепление заготовки, необходимо выполнить условие самоторможения клина. В нашем случае этого можно не делать, т.к. закрепление осуществляется под действием силы пружин. Но выполним этот анализ на случай поломки одной или нескольких пружин, потери их упругости от времени или повышенной температуры.

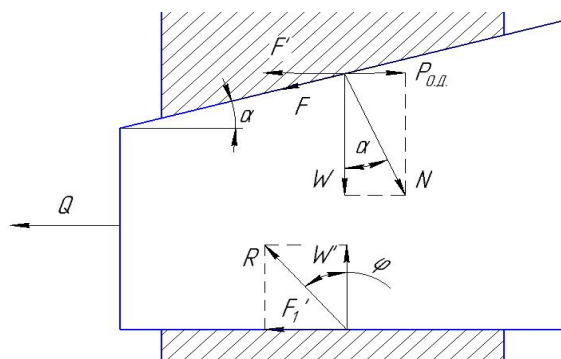


Рис. 2.4.1 Схема для выяснения условия самоторможения клина

На рис. 2.4.1 показана схема сил, действующих на зажатый односкосый клин с трением на двух поверхностях. При любом угле скоса α зажатый клин

стремится вытолкнуть сила обратного действия $P_{0.д.}$, представляющая собой горизонтальную направляющую нормальной реакции N ; W – ее вертикальная составляющая.

Условие равновесия клина:

$$F' + F \geq P_{0.д.} \quad (12)$$

Из схемы, сила трения клина:

$$F = N \times f = W \frac{tg\varphi}{\cos \alpha} \quad (13)$$

Находим горизонтальную составляющую силы трения по формуле:

$$F' = W \times f \quad (14)$$

Величина нормальной реакции на основании клина:

$$W' = W \times (1 + tg\alpha \times tg\varphi) \quad (15)$$

Сила трения на основании клина:

$$F'_1 = W' \times tg\varphi \quad (16)$$

Сила обратного действия:

$$P_{0.д.} = W \times tg\alpha \quad (17)$$

Условие самоторможения клина:

$$\alpha < 2\varphi \quad (18)$$

Коэффициент запаса клина:

$$K = \frac{2tg\varphi}{tg\alpha} \quad (19)$$

Поскольку коэффициент запаса $K=2,5$, а $tg\varphi = f = 0,15$, то найдем угол α клина:

$$tg\alpha = \frac{2tg\varphi}{K} = \frac{2 \times 0,15}{2,5} = 0,12;$$

$$\alpha = arctg(0,12) = 0,12 = 6^\circ 50'.$$

Определим силу трения клина по формуле (13)

$$F = W \frac{tg\varphi}{\cos \alpha} = 18 \times \frac{0,15}{\cos 6^\circ 50'} = 2,7 \text{ кН};$$

Отсюда находим силу реакции опоры:

$$N = \frac{F}{f} = \frac{2,7}{0,15} = 18 \text{ кН};$$

Сила обратного действия по формуле (11):

$$P_{0,д.} = W \times tg\alpha = 18 \times 0,12 = 2,16 \text{ кН};$$

Сила трения горизонтальной составляющей клина по формуле (14):

$$F' = W \times f = 18 \times 0,15 = 2,7 \text{ кН};$$

Величина нормальной реакции на основании клина:

$$W' = W \times (1 + tg\alpha \times tg\varphi) = 18 \times (1 + 0,12 \times 0,15) = 18,3 \text{ кН};$$

Сила трения на основании клина:

$$F'_1 = W' \times tg\varphi = 18,3 \times 0,15 = 2,75 \text{ кН};$$

Проверяем условие равновесия клина по формуле (12):

$$F' + F'_1 \geq P_{0,д.} \rightarrow 2,7 + 2,75 \geq 2,16 \rightarrow 5,45 \geq 2,16.$$

Условие выполняется.

Проверяем условие самоторможения клина по формуле (18):

$$\alpha < 2\varphi \rightarrow 6^\circ 50' < 2 \times 8^\circ 31'; \quad 6^\circ 50' < 17^\circ$$

Условие самоторможения клина выполняется.

Усилие на штоке мембранного привода рассчитываем по формуле:

$$Q = W_{\text{сум}}(tg\alpha + 2tg\varphi) \quad (20)$$

$$Q_{\text{штока}} = 53,9 \times (0,12 + 2 \times 0,15) = 22,6 \text{ кН}.$$

Рассчитываем необходимую осевую силу пружин:

$$Q_{\text{пружи.}} = 1,2 \times 22,6 = 27,12 \text{ кН};$$

Рассчитываем необходимую осевую силу на штоке, чтобы преодолеть усилие тарельчатых пружин оправки:

$$Q_{\text{штока } 2} > 1,2 \times Q_{\text{пружи.}} = 1,2 \times 27,12 = 32,5 \text{ кН}.$$

Рассчитаем диаметр диафрагмы мембранного привода:

$$Q = \frac{\pi}{16} \times (D + d)^2 \times \rho - P_k, \quad (21)$$

где D – рабочий диаметр резинотканевой мембраны, мм;

d = 0,7D – наружный диаметр опорной шайбы, мм;

$\rho = 0,4 \text{ МПа}$ - давление сжатого воздуха. Принимаем немного меньше номинального давления в пневмосети с учётом возможного уменьшения давления из-за потерь сети и работы других пневмоприводов;

$P_k = 100$ Н - сила возвратной пружины пневмокамеры;

Рассчитаем рабочий диаметр мембраны D :

$$32500 = \frac{\pi}{16} \times (1,7D)^2 \times 0,4 - 100; \quad D = \sqrt{\frac{32500+100}{0,4 \times \frac{\pi}{16} \times 1,7^2}} = 379 \text{ мм};$$

В качестве силового зажима будем использовать разжимную кулачковую фланцевую оправку ГОСТ 17531-72 с мембранным приводом с рабочим диаметром мембраны $D=400$ мм.

$$Q_{\text{осевое}} = \frac{\pi}{16} \times (400 + 0,7 \times 400)^2 \times 0,4 - 100 = 36217 \text{ Н} \approx 36,2 \text{ кН}$$

$$Q_{\text{расч треб}} = 22,6 \text{ кН} \leq Q_{\text{осевое}} = 36,2 \text{ кН}$$

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
154A61	Лю Синь

Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов.	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ).	1) Расчет конкурентоспособности 2) SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ).	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ).	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ).	1). Интегральный финансовый показатель. 2). Интегральный показатель ресурсоэффективности. 3). Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.04.2020 г
--	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук И.В.	к.т.н. доцент		13.04.2020 г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A61	Лю Синь		13.04.2020 г

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки о покрытиях различного состава:

- 1) Просветляющие покрытия на основе CVD алмаза для германиевой ИК-оптики;
- 2) Композиционные материалы на основе ZrC-BN, структура и свойства.

Детальный анализ необходим, т.к. каждый тип покрытия имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 3.1.1 показано сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 3.1.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Трещиностойкость	0,14	5	2	3	0,7	0,28	0,42
3. Ударопрочность	0,18	4	3	3	0,72	0,54	0,54
4. Стабильность соединения с подложкой	0,14	4	4	3	0,56	0,56	0,42
5. Простота изготовления	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,2
6. Эффективность работы	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
7. Безопасность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена сырья	0,12	4	5	3	0,48	0,6	0,36
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Итого	1	43	38	37	4,32	3,6	3,47

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

Где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

3.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 3.1.2.

Таблица 3.1.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Низкая цена исходного сырья.	Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.
С2. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции.	Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.
С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.	Сл3. Высокие требования к экспериментальному оборудованию.
С4. Экологичность технологии.	Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.
С5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Вероятность получения брака.
Возможности	Угрозы
В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН.	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области.	
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также

надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3.1.3–3.1.6.

Таблица 3.1.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	+	+	-	-
	B3	-	+	-	+	-
	B4	+	+	-	-	-

Таблица 3.1.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	+	+	+
	B2	-	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-	-

Таблица 3.1.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	-	-	-
	У2	-	+	-	-	-

Таблица 3.1.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	-	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 3.1.7.

Таблица 3.1.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Низкая цена исходного сырья. С2. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции. С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта. С4. Экологичность технологии С5. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований. Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования. Сл3. Высокие требования к экспериментальному оборудованию. Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности. Сл5. Вероятность получения брака.
Возможности В1. Использование	Направления развития В2С2С3. Высокая трещиностойкость и	Сдерживающие факторы В1Сл3Сл4Сл5. Использование

<p>оборудования ИНШПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН. В2. Появление потенциального спроса на новые разработки. В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.</p>	<p>ударопрочность продукции позволяет расширить спрос, использование новейшей информации и технологий соответствует потенциальному спросу на новые разработки. В3С2С4. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции и экологичность технологии являются хорошим основанием для внедрения технологии в аэрокосмической области. В4С1С2. Низкая цена исходного сырья и высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.</p>	<p>новейшего оборудования для удовлетворения требований исследований, также может уменьшить экспериментальную ошибку и предотвратить появление брака.</p>
<p>Угрозы У1. Снижение стоимости разработок конкурентов. У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.</p>	<p>Угрозы развития У1С2. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наши продукты имеют лучшие механические свойства, больше перспектив развития. У2С2. Наши продукты обладают лучшими механическими свойствами, являются более привлекательными мировом рынке.</p>	<p>Уязвимости: У1Сл4Сл5. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения погрешности и неопределенности.</p>

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика

выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ		Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика		Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР		Инженер Научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы		Инженер
	4	Выбор методов исследования		Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента		Инженер Научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента		Инженер
	7	Проведение эксперимента		Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных		Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов		Инженер Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки		Инженер

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5},$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой

работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \times K_{kal}$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

K_{kal} – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$K_{kal.инж.} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 3.2.2.

Таблица 3.2.2 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях $T_{кi}$
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожci}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9



1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	10,2	69	68,5	102

Примечание: Исп. 1 – Научный руководитель, Исп. 2 –Инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.2.3).

Таблица 3.2.3 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп.	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4												
3	Обзор научной литературы	Исп2	11												
4	Выбор методов исследования	Исп2	6												
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7												
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9												
7	Проведение эксперимента	Исп2	25												
8	Обработка полученных данных	Исп2	18												

№	Вид работ	Исп.	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5												
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель),  – Исп. 2 (инженер)

3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

3.4 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Таблица 3.4 материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	5	1700
Картридж для лазерного принтера	3 490	2	6980
Итого:			8680

3.5 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \times И}{12} \times м$$

где $и$ – итоговая сумма, тыс. руб.; $м$ – время использования, мес.

Таблица 3.5 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.	М.в.из. мес.	$H_A = \frac{1}{n} \%$	A_{AMO} .руб.
1	ПЭВМ	1	3	50	50	0,6	33	4167
2	ПРИНТОР	2	4	15	30	0,7	25	1875
3	КСЕРОКС	1	7	32	32	0,7	14	1143
Итого								7185

Стоимость приобретенного специализированного оборудования составила 145165 руб.

3.6 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{52000 \times 10,3}{246} = 2177 \text{ руб.}$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{33000 \times 11,2}{246} = 1502 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{мс} \times (1 + K_{пр} + K_d) \times K_p = 27000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 52650$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{мс} \times (1 + K_{пр} + K_d) \times K_p = 17000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 33150$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 3.6 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365

Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 3.6.1 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	З _{мс} ·руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м ·руб	З _{дн} ·руб	Т _р ·раб.дн.	З _{осн} ·руб
Руководитель	27000	0,3	0,2	1,3	52650	2177	13,5	29389,5
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1502	65,7	98681,4
Итого:								128070,9

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,15 \times 29389,5 = 4408,4 \text{ руб}$$

– для инженера:

$$З_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,15 \times 98681,4 = 14802,2 \text{ руб}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \times (29389,5 + 4408,4) = 10139,4 \text{ руб}$$

– для инженера:

$$З_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \times (98681,4 + 14802,2) = 34045,08 \text{ руб}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

3.8 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
145165	8680	128070,9	19210,6	44184,48	345310,98

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$З_{\text{накл}} = \left(\frac{C_{\text{су.}}}{5} \right) \times K_{\text{нр}} = \left(\frac{345311}{5} \right) \times 0,2 = 13812,44$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина

коэффициента принимается равной 0,2.

Таблица 3.8 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	8680	6214	15964	Пункт 3.8.1
2	Затраты на специальное оборудование	145165	153826	178055	Пункт 3.8.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	128070,9	128070,9	128070,9	Пункт 3.8.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19210,6	19210,6	19210,6	Пункт 3.8.4
5	Отчисления во внебюджетные фонды	44184,48	44184,48	44184,48	Пункт 3.8.5
6	Накладные расходы	13812,44	13812,44	13812,44	Пункт 3.8.6
Бюджет затрат НИР		359123,42	365318,42	399297,42	Сумма ст. 1- 6

3.9 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

1) Просветляющие покрытия на основе CVD алмаза для германиевой ИК-оптики;

2) Композиционные материалы на основе ZrC-BN, структура и свойства.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 359123,42$ руб; $\Phi_{\text{исп.2}} = 365318,42$ руб; $\Phi_{\text{исп.3}} = 399297,42$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тех.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тех.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{359123,42}{399297,42} = 0,90$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{365318,42}{399297,42} = 0,91$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{399297,42}{399297,42} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР.

исследования Критерии	Объект	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки		0,15	4	4	4
2. Стабильность работы		0,2	4	4	5
3. Технические характеристики		0,2	5	3	4
4. Механические свойства		0,3	5	4	3
5. Материалоёмкость		0,15	5	4	5
ИТОГО		1	4,65	3,8	4,05

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^5 K_{\text{вес.}} \times T_{\text{пр/ис.}}$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}}$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,65}{0,90} = 5,2 \quad I_{\text{исп.2}} = \frac{3,8}{0,91} = 4,2 \quad I_{\text{исп.3}} = \frac{4,05}{1} = 4,05$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 3.9.1).

Таблица 3.9.1 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Текущий	Исп.2	Исп.3
---	------------	---------	-------	-------

п/п		проект		
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,90	0,91	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,2	4,2	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 102 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; а руководитель - 20 дней.

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 359123,42 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,90, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,2, по сравнению с 4,2 и 4,05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154A61	Лю Синь

Школа	ИШНПТ	Отделение школа	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

**Тема дипломной работы: Разработка технологического процесса изготовления детали типа
«Фланец».**

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования: 1) вещество; 2) материя; 3) прибор; 4) алгоритм; 5) методика; 6) рабочая зона и области его применения.	Как пример: <i>Целью данной работы является создание модели производственного цеха и находящегося в нем оборудование (станки).</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1) Физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; 2) Действие фактора на организм человека; 3) Приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); 4) Предлагаемые средства защиты: <ul style="list-style-type: none"> ● Сначала – коллективной защиты; ● Затем – индивидуальные защитные средства. 	К числу вредных факторов на рабочем месте следует отнести: 1) Присутствие не оптимальных метеоусловий на рабочем месте; 2) Периодическую запыленность воздуха; 3) Вероятность выброса токсичных веществ в атмосферу; 4) Периодическое несоответствие освещенности рабочего места (при этом требуется провести расчет освещения на рабочем месте с рисунком (размеры в системе СИ)); 5) Наличие электромагнитных и радиационных излучений, шум от вентиляции.
2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1) Механические опасности (источники, средства защиты); 2) Термические опасности (источники, средства защиты); 3) Электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);	К числу опасных факторов следует отнести: 1) Наличие электроисточников; 2) Котлонадзорного оборудования; 3) Оборудования с повышенной температурой Поверхности; 4) Присутствие механического оборудования; 5) Горючих материалов; 6) Тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности.

4) Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	
3. Экологическая безопасность: 1) Защита селитебной зоны; 2) Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); 3) Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 4) Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Наличие отходов (металлическая стружка, абразивная пыль, черновики бумаги, отработанные картриджи принтера, обрезки электромонтажных проводов) потребовали разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов.
4. Безопасность в ЧС: а) Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия. Разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС; б) Разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; в) Разработать порядок действия в результате возникновения ЧС и меры по ликвидации её последствий.	Рассмотрены 1 ситуации ЧС: 1) Природная – сильные морозы зимой.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе).	Приведены: 1) перечень НТД, используемых в данном разделе.
Перечень графического материала: 1) Пути эвакуации; 2) План размещения светильников на потолке рабочего помещения.	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.04.2020 г
--	--------------

Задание выдал консультат:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И.	д.т.н.		13.04.2020 г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154А61	Лю Синь		13.04.2020 г

Введение

Описание рабочего места

В данной работе рассмотрен производственный цех и находящееся оборудование.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании цеха необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как производственный цех находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз, что характерно для Сибири. Так же одной из возможных ЧС может быть отключение электропитания.

4.1. Анализ условий труда на рабочем месте.

Рабочее место располагается на 1 этаже в цеху, помещение представляет собой комнату размером 15 м на 20 м, высотой 3,5 м, окон выходящих на север, в помещении находится (13 единиц технологического оборудования, 25 людей). Остальное при анализе по разделам.

К числу вредных факторов следует отнести:

- присутствие некомфортных метеоусловий;
- присутствие вредных веществ;

- присутствие производственного шума;
- недостаточной освещенности;
- электромагнитного загрязнения.

4.1.1. Анализ показателей микроклимата

Метеоусловия

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Повышенная влажность воздуха ($\phi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\phi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной

влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 4.1.1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице.

Таблица 4.1.1 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	≤ 0.1
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	≤ 0.2

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

4.1.2. Вредные вещества.

Среди химических веществ, выделяющихся при работе на станках, наибольший вред приносят: пылевыведени, сопровождающиеся процессы абразивной обработки металлов (зачистка, полирование, шлифование и др.), а также при работе с СОЖ.

В составе современных жидкостей содержатся различные ингибиторы коррозии, противозадирные присадки, гликоль, анионоактивные и неионогенные эмульгаторы, индустриальные и минеральные масла, масляный асидол, едкий натр, бактерицидные препараты (каустическая сода, хлорпарафины и т. д.). Безусловно, такое разнообразие химических веществ, входящих в состав СОЖ, определяет необходимость постоянного контроля их содержания и условий применения. Поскольку прогрессирующее развитие бактерий в среде «масло—вода» приводит к изменению структурно-механических характеристик СОЖ, бактерии, уничтожая органические компоненты, высвобождают из эмульсий масло (диэлектрик). Все это влияет на электропроводность жидкостей, увеличивая ее.

Согласно гигиеническим нормативам "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.1313-03", утвержденным Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 27 апреля 2003 г, силикатная пыль (при содержании абразивных частиц <10%) относится к 3-му классу опасности (3 класс - опасные), величина ПДК = 2 мг/м³, а преимущественное агрегатное состояние в

воздухе в условиях производства – смесь паров и аэрозоля.

Также вредное вещество, как углеводороды относится к 4-му классу опасности (4 класс – умеренно опасные), величина ПДК = 300 мг/м³, а преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства – смесь паров или газы.

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократно в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

В целях обеспечения безопасности работников на рабочих местах применяют СИЗ: защитные перчатки, очки, спец. одежда, респиратор.

4.1.3. Анализ показателей шума.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора,

который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 60 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ: 1) устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования; 2) изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения; 3) применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения; 4) использование специальных материалов, например, мягкие материалы для изоляции. Их основу составляет вата, стекловата, войлок либо джут. Коэффициент поглощения – 70 %.

СИЗ: 1) применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

4.1.4. Анализ освещенности рабочей зоны.

Согласно СНиП 23-05-95 на производственном цехе должно быть не менее 600 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное

психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки не должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 20$ м, ширина $B = 15$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 500 Лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения: $S = A \times B = 15 \times 20 = 300 \text{ м}^2$,

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c = 50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{II} = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛХБ-80, световой поток которой равен $\Phi_{лд} = 5000$ Лм и светильники с люминесцентными лампами типа ОД-2-80. (две лампы мощностью 80 Вт, длина – 1531 мм, ширина – 266 мм).

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной

решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,3$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОД: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле: $h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0$ м.

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле: $L = \lambda \cdot h = 1,3 \cdot 2 = 2,6$ м

Число рядов светильников в помещении: $Nb = \frac{B}{L} = \frac{15}{2,6} = 6$

Число светильников в ряду: $Na = \frac{A}{L} = \frac{20}{2,6} = 8$

Общее число светильников: $N = Na \cdot Nb = 6 \cdot 8 = 48$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле: $l = \frac{L}{3} = \frac{2,6}{3} = 0,8$ м

Размещаем светильники в 8 рядов. На рисунке 4.1.4 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{15 \cdot 20}{2,0 \cdot (15 + 20)} = 4,3$$

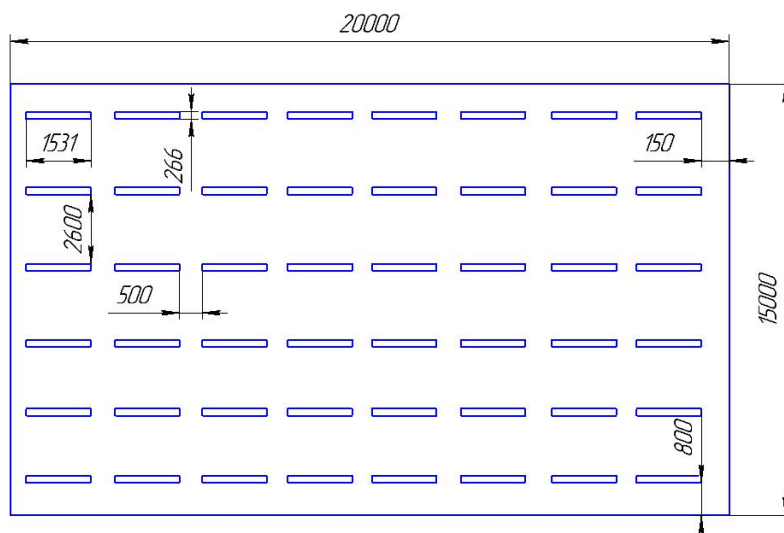


Рис.4.1.4 План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{п}} = 70\%$, $\rho_{\text{с}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 4,3$ равен $\eta = 0,68$.

Потребный световой поток люминесцентной лампы светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{600 \cdot 20 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{48 \cdot 0,68} = 5200 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условий:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% = \frac{5000 - 5200}{5000} \cdot 100\% = -4\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq -4\% \leq 20\%$, необходимый световой поток.

4.1.5. Анализ показателей электромагнитного загрязнения.

В производственном цехе используются электроприборы, которые создают электромагнитные поля. Таким образом, при организации безопасности труда, необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей на организм человека.

Для предотвращения неблагоприятного влияния на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ необходимо руководствоваться Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами.

Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы”, разработанными в соответствии с Федеральным законом ”О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения” и ”Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании”.

Мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса ВДТ (на электронно-лучевой трубке) при любых положениях регулировочных устройств не должна превышать 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч). Конструкция ПЭВМ должна обеспечивать возможность поворота корпуса в горизонтальной и вертикальной плоскости с фиксацией в заданном положении для обеспечения фронтального наблюдения экрана ВДТ. Дизайн ПЭВМ должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны иметь матовую

поверхность с коэффициентом отражения 0,4 - 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики. Конструкция ВДТ должна предусматривать регулирование яркости и контрастности. Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

СКЗ: 1) защита временем; 2) защита расстоянием; 3) снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения; 4) защита рабочего места от излучения.

СИЗ: 1) Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые включают в себя; 2) Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга); 3) Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO_2); 4) Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154.

4.2 Анализ электробезопасности.

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Классификация помещений по опасности поражения электрическим током (ПУЭ)

- Категория помещения: Особо опасные помещения. Присутствует один из

следующих признаков:

- постоянно 100 % влажность (особо сырое помещение);
- наличие химически активной среды;
- либо: наличие более 2 факторов помещения повышенной опасности.

- Категория помещения: Помещения повышенной опасности поражения электрическим током. Присутствует один из следующих факторов:

- повышенная температура воздуха ($t = + 35\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- повышенная влажность ($> 75\%$);
- наличие токопроводящей пыли;
- наличие токопроводящих полов;
- возможности прикосновения одновременно и к электроустановке и к заземлению или к двум электроустановкам одновременно.

Категория помещения: Мало опасные помещения. Отсутствуют признаки и факторы, характерные для двух предыдущих классов.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- 1) изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- 2) установки защитного заземления; 3) наличие общего рубильника;
- 4) своевременный осмотр технического оборудования, изоляции;
- 5) Использование разделительных трансформаторов.

Безопасные номиналы: $U = 12-36\text{В}$, $I = 0,1\text{ А}$, $R_{\text{заз}} = 4\text{ Ом}$.

4.3. Анализ пожарной и взрывной безопасности.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , V_n , G_n и D_n .

Согласно НПБ 105-03 производственный цех относится к категории В - Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара из-за электрических и неэлектрических характер.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- а) халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- б) утечка метана (при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 % метан взрывоопасен).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание,

перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- в) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- г) курение в строго отведенном месте;
- д) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В рабочих мест на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных

местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Карта эвакуации зданий (рис 4.3)

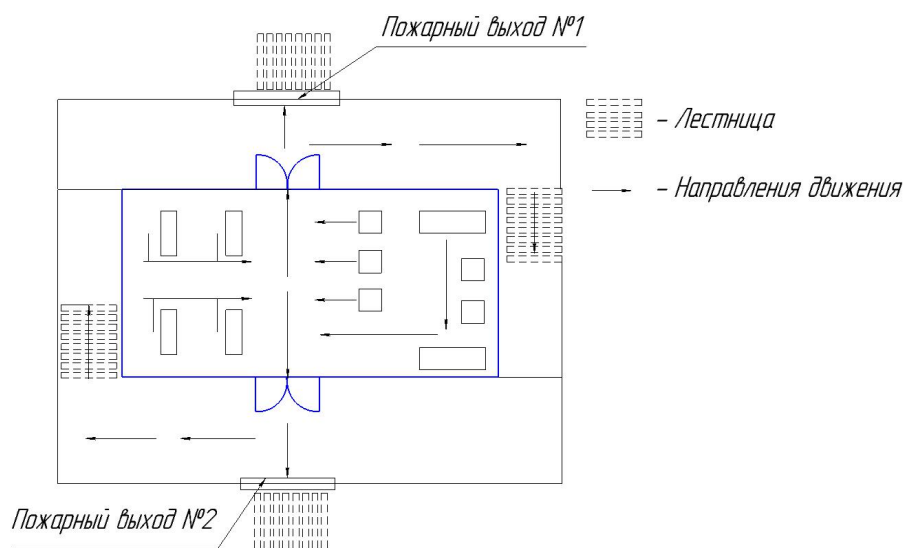


Рис 4.3. Пути эвакуации с 1 этажа производственного помещения.

4.4. Экологическая безопасность.

Механическая обработка металлов на станках сопровождается образованием: металлической стружки, отработанной смазочноохлаждающей жидкости (СОЖ), пыли. Пары эмульсии и пыль через вентиляционную систему поступают из помещений в атмосферу. Помимо этого имеется и промышленный мусор. Загрязнение гидросферы металлорежущими станками может произойти при чистке станков и его узлов. В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, которые наблюдают за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды.

В производственном цехе необходимо позаботиться о отдельных

контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для стружки, стекла, металлических частей, пластика.

Фильтрация смазочно-охлаждающей жидкости будет производиться путем установки самоочищающегося барабанного фильтра (для очистки СОЖ, чистого масла и водных эмульсий, от магнитных и немагнитных частиц).

Специальный химический раствор позволяет полностью удалить все опасные компоненты люминофорного слоя со стекла, и после дальнейшей переработки, использовать их повторно, как впрочем, и само стекло, и цоколи.

Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

4.5. Защита в ЧС.

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом, в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные газовые обогреватели с катализаторами. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В случае обрыва линий электропередач должны быть предусмотрены электрогенераторы, которые и

будем использовать для электрообогревателей и другого вида оборудования. Нужно иметь запасы воды для сотрудников и для технических нужд. Заключение договоров с транспортными компаниями, что переложит ответственность в случаи ЧС на них. Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

4.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

1. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”
2. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
7. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
8. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
9. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
10. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
- ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
11. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
12. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
13. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
14. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты.
15. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение".

Заключение

В выпускной квалификационной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. В разделе «технологическая часть» был определен анализ чертежа и технологичности детали, тип производства и выбор исходной заготовки, разработан маршрутный технологический процесс и выполнен размерный анализ техпроцесса (проектирование и проверка допуска). В соответствии с процессом изготовления, выбрано оборудование, рассчитаны режимы резания и произведено нормирование операций.

В разделе «конструкторская часть» было спроектировано приспособление, рассчитаны сила зажима и решение проблемы установки приспособления с шпинделем.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен расчет конкурентоспособности, разработан графика проведения исследования, рассчитан бюджет стоимости НИ и определена его ресурсоэффективность.

В разделе «Социальная ответственность» мы анализируем некоторые факторы в производственном цехе, рассматриваем возможные опасности и принимаем превентивные меры для обеспечения безопасной и упорядоченной работы цеха.

Список литературы

1. Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2 (1985 г) Под ред. А.Г. Косиловой.
4. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика-машиностроителя Том 2. – Москва, 1961. – 892 с.
5. Аверьянов И.Н., Болотеин А.Н Проектирование и расчет станочных и контрольно- измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учебное пособие. – Рыбинск: РГАТА, 2010.- 220 с.
6. Ансеров М.А. Зажимные приспособления для токарных и круглошлифовальных станков. – Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, Москва, 1948. – 92с.
7. Горошкин А.К. 1979 Приспособления для металлорежущих станков.
8. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2018 г.
9. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2016.
10. Сущность методики FAST в области ФСА.
11. Методы оценки финансово-экономической эффективности инвестиционного проекта без учета фактора времени.

12. Белов Н.А. Безопасность жизнедеятельности – М.: Знание, 2000-364с.

Приложение А

(обязательное)

Расчёт режимов резания и нормирование техпроцесса

Расчёт режимов резания

Приложение к разделу 1.7 «Расчет режимов и мощности резания»

Таблица А1 – 16К20Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ

Технические характеристики:	
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	400
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	220
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	53
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	1000
Мощность двигателя	11
Количество рабочих скоростей шпинделя	22
Центр шпинделя передней бабки по ГОСТ 13214-67	7032 - 0043 Морзе №6
Диапазон скоростей продольных подач, мм/мин	3..2000
Диапазон скоростей поперечных подач, мм/мин	3..2000
Количество позиций на поворотной резцедержке (число инструментов в револьверной головке)	6
Масса станка с ЧПУ, кг	5000

Таблица А2 – Печь камерного типа ПКМ 4.8.4

Макс. температура	1150/1250°C
Мощность	21кВт
Вес, кг	650
Внешние размеры,мм, Д-Ш-В	2100-1500-2000
Внутренние размеры, мм, Д-Ш-В	800-400-400

Таблица А3 – Круглошлифовальный станок MD1320В

Технические характеристики:	
Диаметр обрабатываемой детали	8-200 мм
Высота центров	125
Макс. скорость вращения круга	1309 об\мин
Мощность двигателя	7,5 кВт
Макс. перемещение шлифовального круга	215 мм
Мах вес обрабатываемой детали, кг	50

Таблица А4 – Внутришлифовальный станок JAGURA.

Серия JAG-3JAW (-AL1/-AAL1)

Технические характеристики:	
Диаметр внутреннего шлифования	1,5-80 мм
Диаметр зажимаемой заготовки	2,5-200 мм
Максимальная длина зажимаемой заготовки	240 мм
Частота вращения круга	55000 об/мин
Мощность шлифовального шпинделя	3750 Вт

Таблица А5 – Станок вертикальный сверлильный 2Н125

Наибольший условный диаметр сверления в стали	25
Рабочая поверхность стола	400×450
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола	700
Вылет шпинделя	250
Наибольший ход шпинделя	200
Наибольшее вертикальное перемещение:	
сверлильной головки	170
стола	270
Конус Морзе отверстия шпинделя:	
Число скоростей шпинделя	12
Частота вращения шпинделя, об/мин	45 – 2000

Продолжение таблицы А5

Число подач шпинделя	9
Подача шпинделя, мм/об	0,1 – 1,6
Мощность электродвигателя, кВт	2,2
Габаритные размеры:	
длина	915
ширина	785
Высота	2350
Масса, кг	880

Подрезка торца по длине с размера 85,6h15 мм до 83,9h14

Подача: $s = 0,24$ мм/об

Глубина резания: $t=2.55 \text{ Rz} \leq 40 \text{ мкм} \approx \text{Ra} \leq 10 \text{ мкм}$ [см. табл. 1.4.1].

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0.2} \times 2,55^{0.15} \times 0,24^{0.20}} \times 1,2 = 257 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,20; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 257}{3,14 \times 125} = 655 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_p	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	970
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 2,55^1 \times 0,24^{0,75} \times 257^{-0,15} \times 0,85 = 970 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{970 \times 257}{1020 \times 60} = 4 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 4 < 11.$$

Обработка наружной поверхности Ø120h14

Обдирка поверхности Ø122,2h15

Резец - проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$\begin{aligned} K_V &= K_{MV} \times K_{PV} \times K_{IV} \times K_{\phi V} \times K_{\phi 1V} \times K_{rv} \times K_{QV} \times K_{OV} \\ &= 1,2 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,02 \end{aligned}$$

Подача: $s = 0,52 \text{ мм/об}$; Глубина резания: $t = 3,05 \text{ мм}$ [см. табл. 1.4.1].

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$;

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \times 3,05^{0,15} \times 0,52^{0,35}} \times 1,02 = 167,4 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 167,4}{3,14 \times 125} = 426,5 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	2209
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$\begin{aligned} P_Z &= 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 3,05^1 \times 0,52^{0,75} \times 167,4^{-0,15} \times 0,85 = \\ &= 2209 \text{ Н.} \end{aligned}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{2209 \times 167.4}{1020 \times 60} = 6 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 6 < 11;$$

Обточка поверхности Ø120h14

Подача: $s = 0,24 \text{ мм/об}$; глубина резания: $t = 1,515 \text{ мм}$ [см. табл. 1.4.1].

$$\text{Стойкость: } T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0.2} \times 1,515^{0.15} \times 0,24^{0.20}} \times 1,02 = 236 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 420; \quad x=0,15; \quad y=0,20; \quad m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 236}{3,14 \times 122,2} = 615 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	584
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10 C_P t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,515^1 \times 0,24^{0,75} \times 236^{-0,15} \times 0,85 = 584 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{584 \times 236}{1020 \times 60} = 2.3 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 2.3 < 11;$$

Расточка канавки до диаметра Ø64 H14.

Резец канавочный с режущей пластиной из твердого сплава Т5К10 с углом в плане 90°.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПВ} \times K_{ИВ} \times K_{\varphi v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov}$$

$$= 1,2 \times 0,8 \times 1,15 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,7728$$

Подача: $s = 0,07$ мм\об; глубина резания: $t = 1,77$ мм

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m s^y} K_v = \frac{47}{60^{0,2} \times 0,07^{0,8}} \times 0,7728 = 134,4 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 47; y=0,8; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 134,4}{3,14 \times 61,2} = 699 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x},$ Н
P_z	408	0,72	0,8	0	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	468,6
P_y	173	0,73	0,67	0	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	

$$P_Z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 408 \times 1,4^{0,72} \times 0,07^{0,8} \times 134,4^0 \times 0,7565 = 468,6 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{468,6 \times 134,4}{1020 \times 60} = 1 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 1 < 11;$

Расточить фаску

Резец расточной с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 45° .

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПV} \times K_{ИV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov}$$

$$= 1,2 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,9$$

Подача: $s = 0,07$ мм\об; глубина резания: $t = 2,46$ мм

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0.2} \times 2,46^{0.15} \times 0,07^{0.2}} \times 0,9 = 247,8 \text{ м\мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,2; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 247,8}{3,14 \times 61,2} = 1289,5 \text{ об\мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	373,4
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$K_{Pz} = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} = 0,85 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,85$$

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 2,46^1 \times 0,07^{0,75} \times 247,8^{-0,15} \times 0,85$$

$$= 373,4 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{373,4 \times 247,8}{1020 \times 60} = 1,5 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 1,5 < 11;$

Подрезка торца с размера 83,9 h16 мм до размера 82h15 мм

Резец – подрезной отогнутый с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6

ГОСТ18880-73.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{PV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ = 1,2 \times 0,8 \times 1,15 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1,12 \times 1 = 1,2$$

Подача: $s = 0,52$ мм\об

Глубина резания: $t = 4,6$ мм \rightarrow используем $t = 3,2$ мм $Ra \leq 80$ мкм [см. табл.

1.4.1]; Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \times 3,2^{0,15} \times 0,52^{0,35}} \times 1,2 = 196 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 196}{3,14 \times 86,2} = 724 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	2264
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	805

$$P_Z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 3,2^1 \times 0,52^{0,75} \times 196^{-0,15} \times 0,85 = 2264 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{2264 \times 196}{1020 \times 60} = 7,3 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 7,3 < 11.$

Подрезка торца с размера 82h15 мм до 80h14

Подача: $s = 0,24$ мм\об; глубина резания: $t = 2,42$ мм [см. табл. 1.4.1].

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0.2} \times 2,42^{0.15} \times 0,24^{0.20}} \times 1,2 = 259 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,20; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 259}{3,14 \times 86,2} = 957 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Сила	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	919
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10 C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \times 300 \times 2,42^1 \times 0,24^{0,75} \times 259^{-0,15} \times 0,85 = 919 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{919 \times 259}{1020 \times 60} = 3,9 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 3,9 < 11.$$

Подрезка торца буртика по длине с размера 25,4 мм до размера 24,7h14 мм

Резец – подрезной отогнутый с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 ГОСТ18880-73.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$\begin{aligned} K_V &= K_{MV} \times K_{\Pi V} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ &= 1,2 \times 0,8 \times 1,15 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1,12 \times 1 = 1,2 \end{aligned}$$

$$\text{Подача: } s = 0,24 \text{ мм\об; глубина резания: } t = 1,36 \text{ мм}$$

$$\text{Стойкость: } T = T K_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0.2} \times 1,36^{0.15} \times 0,24^{0.20}} \times 1,2 = 282,3 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,20; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 278,9}{3,14 \times 120} = 749 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Сила	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	510
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_P t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,36^1 \times 0,24^{0,75} \times 282,3^{-0,15} \times 0,85 = 510 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{510 \times 278,9}{1020 \times 60} = 2,4 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 2,4 < 11.$$

Подрезка торца буртика с размера 24,7h14 до $24_{-0,37}^{+0,07}$ мм

$$\text{Глубина резания: } t = 1,03 \text{ мм; Стойкость: } T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0.2} \times 1,03^{0.15} \times 0,24^{0.20}} \times 1,2 = 294 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,20; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 294}{3,14 \times 120} = 780 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	384
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_P t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,03^1 \times 0,24^{0,75} \times 294^{-0,15} \times 0,85 = 384 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{384 \times 294}{1020 \times 60} = 1,8 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 1.8 < 11.$

Обработка внутренней поверхности Ø54K7

Обдирка отверстия Ø50,7H15

Резец расточной с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 90°.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПV} \times K_{ИV} \times K_{\varphi V} \times K_{RV} \times K_{QV} \times K_{OV} \\ = 1,2 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,84$$

Подача: $s = 0,34$ мм\об; глубина резания: $t = 2,45$ мм [см. табл. 1.4.1].

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \times 2,45^{0,15} \times 0,34^{0,35}} \times 0,84 = 165 \text{ м\мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 165}{3,14 \times 43,1} = 1219 \text{ об\мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x},$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,94	1,0	1,0	1,0	0,799	1216
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,77	1,0	1,0	1,0	0,6545	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,11	1,0	1,0	1,0	0,9435	

$$K_{Pz} = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} = 0,85 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,799$$

$$P_Z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 2,45^1 \times 0,34^{0,75} \times 165^{-0,15} \times 0,799 = \\ = 1216 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{1216 \times 165}{1020 \times 60} = 3.3 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 3.3 < 11;$$

Черновая расточка отверстия Ø52,5H12

Подача: $s = 0,34 \text{ мм/об}$; глубина резания: $t = 1,03 \text{ мм}$ [см. табл. 1.4.1].

$$\text{Стойкость: } T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} \times 1,03^{0.15} \times 0,34^{0.35}} \times 0,84 = 188.3 \text{ м/мин}$$

$$C_v = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 188.3}{3,14 \times 50.7} = 1183 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x},$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,94	1,0	1,0	1,0	0,799	501
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,77	1,0	1,0	1,0	0,6545	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,11	1,0	1,0	1,0	0,9435	

$$K_{Pz} = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} = 0,85 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,799$$

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,03^1 \times 0,34^{0,75} \times 188.3^{-0,15} \times 0,799 = 501 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{501 \times 188.3}{1020 \times 60} = 1,5 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 1,5 < 11;$$

Чистовая расточка отверстия Ø53,2H9

Подача: $s = 0,11 \text{ мм/об}$; глубина резания: $t = 0.377 \text{ мм}$ [см. табл. 1.4.1].

$$\text{Стойкость: } T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0,2} \times 0,377^{0,15} \times 0,11^{0,2}} \times 0,84 = 280 \text{ м\ммин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,2; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 280}{3,14 \times 52,5} = 1698,5 \text{ об\мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mr}	$K_{\varphi r}$	$K_{\gamma r}$	$K_{\lambda r}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,94	1,0	1,0	1,0	0,799	74
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,77	1,0	1,0	1,0	0,6545	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,11	1,0	1,0	1,0	0,9435	

$$K_{Pz} = K_{Mr} \times K_{\varphi r} \times K_{\gamma r} \times K_{\lambda r} \times K_{rp} = 0,85 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,799$$

$$P_z = 10 C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \times 300 \times 0,377^1 \times 0,11^{0,75} \times 280^{-0,15} \times 0,799 = 74 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{74 \times 280}{1020 \times 60} = 0,3 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 0,3 < 11;$$

Обработка наружной поверхности Ø80h7

Обдирка поверхности Ø83,7h15

Резец - проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$\begin{aligned} K_V &= K_{MV} \times K_{PV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ &= 1,2 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,02 \end{aligned}$$

Подача: $s = 0,34 \text{ мм\об}$; глубина резания: $t = 2,7 \text{ мм}$ [см. табл. 1.4.1].

$$\text{Стойкость: } T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} \times 2,7^{0.15} \times 0,34^{0.35}} \times 1,02 = 197,8 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 197,8}{3,14 \times 86,2} = 730,8 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x},$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	1387
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_P t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 2,7^1 \times 0,34^{0,75} \times 197,8^{-0,15} \times 0,85 = 1387 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{1387 \times 197,8}{1020 \times 60} = 4,5 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 4,5 < 11;$$

Обточка черновая поверхности Ø81,7h12

Подача: $s = 0,34 \text{ мм/об}$; глубина резания: $t = 1,155 \text{ мм}$ [см. табл. 1.4.1].

$$\text{Стойкость: } T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} \times 1,155^{0.15} \times 0,34^{0.35}} \times 1,02 = 225 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 225}{3,14 \times 83,7} = 856 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_p	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	582
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,155^1 \times 0,34^{0,75} \times 225^{-0,15} \times 0,85 = 582 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{582 \times 225}{1020 \times 60} = 2,1 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 2,1 < 11;$$

Получистовая обточка поверхности Ø80,9h9

Подача: $s = 0,11 \text{ мм/об}$; глубина резания: $t = 0,408 \text{ мм}$ [см. табл. 1.4.1].

$$\text{Стойкость: } T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0,2} \times 0,408^{0,15} \times 0,11^{0,2}} \times 1,02 = 336 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,2; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 336}{3,14 \times 81,7} = 1310 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_p	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	83
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,4085^1 \times 0,11^{0,75} \times 336^{-0,15} \times 0,85 = 83 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{83 \times 336}{1020 \times 60} = 0,5 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 0,5 < 11;$$

Обточка канавки до диаметра Ø76h14

Резец канавочный с режущей пластиной из твердого сплава Т5К10 с углом в плане 90°.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПВ} \times K_{ИВ} \times K_{\varphi V} \times K_{RV} \times K_{QV} \times K_{OV} \\ = 1,2 \times 0,8 \times 1,15 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,7728$$

Подача: $s = 0,07$ мм\об; глубина резания: $t = 2,82$ мм

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m s^y} K_v = \frac{47}{60^{0.2} \times 0,07^{0.8}} \times 0,7728 = 134,4 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 47; y=0.8; m=0,20$$

Частота вращения: $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 134,4}{3,14 \times 80,9} = 529$ об/мин

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x},$ Н
P_z	408	0,72	0,8	0	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	701
P_y	173	0,73	0,67	0	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 408 \times 2,45^{0,72} \times 0,07^{0,8} \times 134,4^0 \times 0,7565 = 701 \text{ Н}$$

Мощность резания: $N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{701 \times 134,4}{1020 \times 60} = 1,5$ кВт.

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 1,5 < 11;$

Обточка канавки до диаметра Ø64h14

Резец канавочный с режущей пластиной из твердого сплава Т5К10 с углом в плане 90°.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПВ} \times K_{ИВ} \times K_{\varphi v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ = 1,2 \times 0,8 \times 1,15 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,7728$$

Подача: $s = 0,07$ мм\об; глубина резания: $t = 1,77$ мм

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m s^y} K_v = \frac{47}{60^{0.2} \times 0,07^{0.8}} \times 0,7728 = 134,4 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 47; y=0.8; m=0,20$$

Частота вращения: $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 134,4}{3,14 \times 61,2} = 699$ об/мин

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x},$ Н
P_z	408	0,72	0,8	0	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	468,6
P_y	173	0,73	0,67	0	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 408 \times 1,4^{0,72} \times 0,07^{0,8} \times 134,4^0 \times 0,7565 = \\ = 468,6 \text{ Н.}$$

Мощность резания: $N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{468,6 \times 134,4}{1020 \times 60} = 0,96$ кВт

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 0,96 < 11;$

Расточка внутренней фаски

Резец расточной с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 45°.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПV} \times K_{ИV} \times K_{\varphi V} \times K_{\varphi 1V} \times K_{rV} \times K_{QV} \times K_{OV} \\ = 1,2 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,9$$

Подача: $s = 0,07$ мм\об; глубина резания: $t = 2,45$ мм

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{420}{60^{0,2} \times 2,45^{0,15} \times 0,07^{0,2}} \times 0,9 = 248 \text{ м\мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,2; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 248}{3,14 \times 53,2} = 1485 \text{ об\мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x},$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	371,8
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$K_{Pz} = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} = 0,85 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,85$$

$$P_Z = 10C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \times 300 \times 2,45^1 \times 0,07^{0,75} \times 248^{-0,15} \times 0,85 = 371,8 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{371,8 \times 248}{1020 \times 60} = 1,5 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 1,5 < 11;$

Обточка наружной фаски на поверхности Ø80,9h9

Резец расточной с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 45°.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПV} \times K_{ИV} \times K_{\varphi V} \times K_{\varphi 1V} \times K_{rV} \times K_{QV} \times K_{OV} \\ = 1,2 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,9$$

Подача: $s = 0,07$ мм\об; глубина резания: $t = 2,95$ мм

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{420}{60^{0,2} \times 2,95^{0,15} \times 0,07^{0,2}} \times 0,9 = 241,2 \text{ м\мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,2; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 241,2}{3,14 \times 80,9} = 949,5 \text{ об\мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x},$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	450
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$K_{Pz} = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} = 0,85 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,85$$

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_P = 10 \times 300 \times 2,95^1 \times 0,07^{0,75} \times 241,2^{-0,15} \times 0,85 = 450 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{450 \times 241,2}{1020 \times 60} = 1,8 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 1,8 < 11;$

Внутреннее шлифование отверстия до диаметра Ø54K7

Для данной операции выбираем внутришлифовальный станок JAGURA. Серия JAG-3JAW (-AL1/-AAL1). Выбор шлифовального круга: Белый электрокорунд 25А, зернистость 50, твердость круга СМ1-С1, структура 7, керамическая связка из К5

Скорость вращения круга: $v_k = 35 \text{ м\с}$;

Скорость вращения заготовки: $v_3 = 30 \text{ м\мин}$;

Глубина шлифования: $t = 0,02 \text{ мм}$;

Ширина круга $B=30 \text{ мм}$; диаметр круга $D=32 \text{ мм}$; отверстие $d=10 \text{ мм}$;

Продольная подача: $s_B = 0,6B = 18 \text{ мм/об}$;

Поперечная: $s_t = 0,02 \text{ мм/дв.ход}$

Частота вращения детали: $n = 180 \text{ об\мин}$;

Частота вращения круга:

$$n = \frac{v_k \times 60 \times 1000}{\pi \times D_k} = \frac{35 \times 60 \times 1000}{3,14 \times 32} = 20899 \text{ об/мин};$$

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \times V_3^r \times t^X \times s^Y \times d^q$$

где значение коэффициента C_N и показателей степени по таблице

$$C_N = 0.36; r = 0,35; x = 0,4; y = 0,4; q=0.3.$$

Тогда:

$$\begin{aligned} N &= C_N \times V_3^r \times t^X \times s^Y \times d^q = 0.36 \times 30^{0,35} \times 0,02^{0,4} \times 18^{0,4} \times 62^{0,3} \\ &= 2,7 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 2,7 < 3.75$

Приложение к разделу 1.8 «Нормирование техпроцесса»

Основное время для второй токарной операции:

Переход 1: подрезка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(22 + \frac{3,2}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{2}{(724 \times 0,52)} = 0,17 \text{ мин},$$

Переход 2: подрезка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(22 + \frac{2,42}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(957 \times 0,24)} = 0,13 \text{ мин},$$

Переход 3: подрезка уступов

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(19,5 + \frac{1,36}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(749 \times 0,24)} = 0,14 \text{ мин},$$

Переход 4: подрезка уступов

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(19,5 + \frac{1,03}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(780 \times 0,24)} = 0,13 \text{ мин}$$

Переход 5: обдирка отверстия

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(23 + \frac{2,45}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(1219 \times 0,34)} = 0,08 \text{ мин},$$

Переход 6: черновое растачивание отверстия

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(23 + \frac{1,03}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right)}{(1183 \times 0,34)} = 0,07 \text{ мин},$$

Переход 7: чистовое растачивание отверстия

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(23 + \frac{0,377}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right)}{(1698,5 \times 0,11)} = 0,14 \text{ мин},$$

Переход 8: обдирка наружного поверхности

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(56 + \frac{2,7}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right)}{(730,8 \times 0,34)} = 0,24 \text{ мин},$$

Переход 9: обточка черная поверхность

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(56 + \frac{1,155}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right)}{(856 \times 0,34)} = 0,20 \text{ мин},$$

Переход 10: получистовая обточка поверхность

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(56 + \frac{0,408}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right)}{(1310 \times 0,11)} = 0,4 \text{ мин},$$

Переход 11: обточивание канавки

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{пд}) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{(2,82 + 1 + 1)}{(529 \times 0,07)} = 0,13 \text{ мин},$$

Переход 12: растачивание канавки

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{пд}) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{(1,77 + 1 + 1)}{(699 \times 0,07)} = 0,08 \text{ мин},$$

Переход 13 : растачивание фаски

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(2,45 + \frac{2,45}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right)}{(1485 \times 0,07)} = 0,07 \text{ мин},$$

Переход 14 : растачивание фаски

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(2,95 + \frac{2,95}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right)}{(949,5 \times 0,07)} = 0,12 \text{ мин},$$

Основное время для 3 операции - вертикально-сверлильной операции:

Переход 1 : сверление на проход 3 отверстий

$$l_{вр} = 0,3D = 0,3 \times 10 = 3$$

$$T_o = (l + l_{вр} + l_{cx} + l_{пд}) \times i / (n \times S) = (24 + 3 + 1 + 1) / (1000 \times 0,25) = 0,12 \text{ мин}$$

Для 3 отверстия: $T_o = 0,12 \times 3 = 0,36$ мм

Переход 2 : зенкерование 3 отверстий

$$l_{вр} = 0,3D = 0,3 \times 13 = 3,9$$

$$T_o = (l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \times i / (n \times S) = (8 + 3,9 + 1 + 1) / (650 \times 0,28) \\ = 0,08 \text{ мин}$$

Для 3 отверстия: $T_o = 0,08 \times 3 = 0,24$ мм

Основное время для 4 термической операций.

Время нагрева и выдерживания партии детали в печи и последующее охлаждение:

$$T_o = 20,5 \text{ мин}$$

В одну печь помещается до 15 деталей, следовательно, время нагрева одной детали:

$$T_o = 1,37 \text{ мин;}$$

Основное время для 5 операций - круглошлифовальной операции:

Переход 1: шлифование поверхности

$$T_o = (l + l_{сх} + l_{пд}) \times \frac{2i}{(n \times S)} = (56 + 1 + 1) \times (2 \times 7) / 4,5 \times 150 = 1,2 \text{ мин,}$$

Необходимо учитывать $2i$, так как происходит вывод абразивного круга из зоны резания и его обратное возвращение на той же подаче.

Переход 2: шлифование поверхности

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{пд}) \times 2i / (n \times S) = (56 + 1 + 1) \times 2 \times 3 / 4,5 \times 150 = 0,52 \text{ мин},$$

Основное время для 6 операций - внутришлифовальной операции:

Переход 1: шлифование отверстия

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{пд}) \times 2i / (n \times S) = (62 + 1 + 1) \times 2 \times 17 / 18 \times 180 = 0,67 \text{ мин},$$

Переход 2: шлифование отверстия

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{пд}) \times 2i / (n \times S) = (62 + 1 + 1) \times 2 \times 6 / 18 \times 180 = 0,24 \text{ мин},$$

Основное время для 7 операций - внутришлифовальной операции:

Переход 1: шлифование отверстия

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{пд}) \times 2i / (n \times S) = (20 + 1 + 1) \times 2 \times 17 / 18 \times 180 = 0,23 \text{ мин},$$

Переход 2: шлифование отверстия

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{пд}) \times 2i / (n \times S) = (20 + 1 + 1) \times 2 \times 6 / 18 \times 180 = 0,08 \text{ мин},$$

Приложение Б

(обязательное)

Расчёт исполнительных размеров штамповки

Расчёт исполнительных размеров штамповки выполняем после расчёта всех технологических размеров. Предварительно размеры штамповки были рассчитаны из предположения, что точность при горячей штамповки соответствует 16 квалитету, а основное отклонение (расположение поля допуска) по Н или h в зависимости от того, к охватывающим или охватываемым поверхностям они относятся.

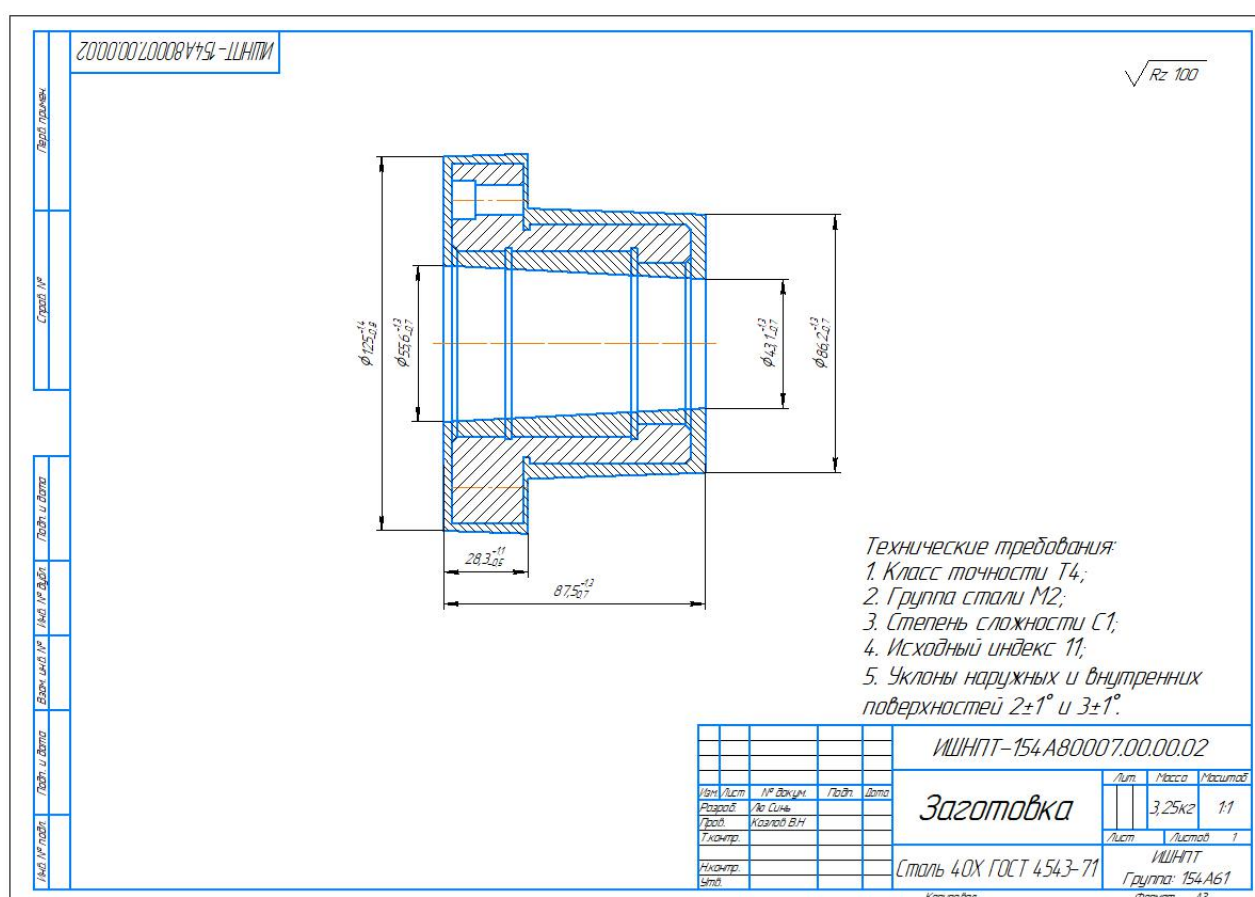


Рис. Б1. Эскиз заготовки.

Однако ГОСТ 7505-89 на штампованные заготовки устанавливает отклонения в зависимости от исходного индекса, который зависит от веса заготовки, класса точности, группы стали, степени сложности конфигурации заготовки, а верхнее и нижнее отклонения не соответствуют расположению

поля допуска Н или h (таблица Б1). По весу заготовки 3,25 кгс определяем исходный индекс – 11.

Таблица Б1 – Допуски и допускаемые отклонения исходной заготовки
по ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные»

Класс точности	Группа стали	Степень сложности	Исходный индекс
T4	M2	C1	11
Номинальный размер		Допуски и допускаемые отклонения	
Длина 88,8 мм		2,0	+1,3 -0,7
Наружный диаметр Ø126,7 мм		2,2	+1,4 -0,8
Наружный диаметр Ø87,7 мм		2,0	+1,3 -0,7
Внутренний диаметр Ø55 мм		2,0	+1,3 -0,7
Внутренний диаметр Ø47 мм		2,0	+1,3 -0,7
Толщина 29,1 мм		1,6	+1,1 -0,5

Поковки стальные штампованные $\varnothing d_{0.3 \text{ предв}} = \varnothing 126,7h16_{(-2,5)}$:

1) Рассчитанный размер у начальной заготовки $\varnothing d_{0.3 \text{ предв}} = \varnothing 126,7h16_{(-2,5)}$, поэтому при штамповке необходимо уложиться в это поле допуска, чтобы остался минимальный припуск на обработку $2z_{1.8 \text{ min}} = 2 \text{ мм}$ даже при худшем варианте, когда у штамповки будет минимально допустимый размер $d_{0.3 \text{ min}}$, а у заготовки при обдирке окажется наибольший допустимый размер $d_{1.8 \text{ max}}$.

У рассчитанного ранее размера $\varnothing 126,7h16_{(-2,5)}$ посчитали, что допуск $T_d = IT16 = 2,5 \text{ мм}$, но у штамповок по ГОСТ допуск может быть немного меньше: $T_{d \text{ шт}} = 2,2 \text{ мм}$, т.е. разница $\Delta T_{\text{шт}} = 2,5 - 2,2 = 0,3 \text{ мм}$.

2) Поэтому сначала от $d_{\text{max}} = 126,7 \text{ мм}$ надо отнять $\Delta T_{\text{шт}}$ и получится

новый рассчитанный d_{\max}^* для штамповки: $d_{\max}^* = 126,7 - \Delta T_{\text{шт}} = 126,7 - 0,3 = 126,4$ мм.

3) Т.к. при штамповке верхнее отклонение (в.о.) должно быть $+1,4$ мм (т.к. для штамповки отклонения $^{+1,4}_{-0,8}$), то от $d_{\max}^* = 126,4$ мм надо отнять в.о. и тогда получится новый принятый номинальный размер: $d_{\text{ном прин}}^* = d_{\max}^* - \text{в.о.} = 126,4 - 1,4 = 125,0$ мм.

4) Принятый исполнительный размер у штамповки:

$$\text{Ø}d_{0.3 \text{ прин}} = \text{Ø}125^{+1,4}_{-0,8} \text{ мм.}$$

Поковки стальные штампованные $\text{Ø}d_{0.2 \text{ предв}} = \text{Ø}87,7\text{h}16(-2,2)$:

1) Рассчитанный размер у начальной заготовке $\text{Ø}d_{0.2 \text{ предв}} = \text{Ø}87,7\text{h}16(-2,2)$, поэтому при штамповке необходимо уложиться в это поле допуска, чтобы остался минимальный припуск на обработку $2z_{2.8 \text{ min}} = 1,8$ мм даже при худшем варианте, когда у штамповки будет минимально допустимый размер $d_{0.2 \text{ min}}$, а у заготовки при обдирке окажется наибольший допустимый размер $d_{2.8 \text{ max}}$.

У рассчитанного ранее размера $\text{Ø}87,7\text{h}16(-2,2)$ посчитали, что допуск $T_d = IT16 = 2,2$ мм, но у штамповок по ГОСТ допуск может быть немного меньше: $T_{d \text{ шт}} = 2,0$ мм, т.е. разница $\Delta T_{\text{шт}} = 2,2 - 2,0 = 0,2$ мм.

2) Поэтому сначала от $d_{\max} = 87,7$ мм надо отнять $\Delta T_{\text{шт}}$ и получится новый рассчитанный d_{\max}^* для штамповки: $d_{\max}^* = 87,7 - \Delta T_{\text{шт}} = 87,7 - 0,2 = 87,5$ мм.

3) Т.к. при штамповке верхнее отклонение (в.о.) должно быть $+1,3$ мм (т.к. для штамповки отклонения $^{+1,3}_{-0,7}$), то от $d_{\max}^* = 87,5$ мм надо отнять в.о. и тогда получится новый принятый номинальный размер: $d_{\text{ном принятый}}^* = d_{\max}^* - \text{в.о.} =$

$$87,5 - 1,3 = 86,2 \text{ мм.}$$

4) Принятый исполнительный размер у штамповки: $\varnothing d_{0.2 \text{ прин}} = \varnothing 86,2^{+1,3}_{-0,7}$ мм.

Поковки стальные штампованные: расчёты для отверстия $D_{0.1.2 \text{ предв}} = \varnothing 55H16^{(+1,9)}$:

1) Для отверстия в заготовке ранее был рассчитан исполнительный размер с расположением поля допуска по Н и по 16 качеству: $D_{0.1.2} = \varnothing 55H16^{(+1,9)}$, т.е. использовался допуск $T_D = IT16 = 1,9$ мм, а по ГОСТ 7505-89 для стальных поковок (штамповок) допуск немного больше: $T_{D \text{ шт}} = 2,0$ мм, поэтому надо это учесть. Разница $\Delta T_{\text{шт}} = T_{D \text{ шт}} - IT16 = 2,0 - 1,9 = 0,1$ мм.

2) Поэтому сначала от $D_{\min} = 55$ мм надо отнять (т.к. новый допуск по ГОСТ немного больше, то надо оставить немного больше припуска на следующую обработку) $\Delta T_{\text{шт}}$ и получится новый рассчитанный минимально допустимый размер D^*_{\min} для штамповки: $D^*_{0.2 \min} = D_{\min} - \Delta T_{\text{шт}} = 55 - 0,1 = 54,9$ мм.

3) Т.к. при штамповке отклонения $^{+1,3}_{-0,7}$, то нижнее отклонение (Н.О.) должно быть $-0,7$ мм, поэтому к $D^*_{0.2 \min} = 54,9$ мм надо прибавить Н.О. по абсолютной величине и тогда получится новый принятый номинальный размер: $D^*_{0.1.2 \text{ ном принятый}} = D^*_{\min} + \text{Н.О} = 54,9 + 0,7 = 55,6$ мм.

4) Принятый исполнительный размер отверстия у штамповки: $D_{0.1.2 \text{ прин}} = \varnothing 55,6^{+1,3}_{-0,7}$ мм.

Поковки стальные штампованные D_{0.1.1} предв = Ø47H16(+1,9):

1) Для отверстия в заготовке ранее был рассчитан исполнительный размер с расположением поля допуска по Н и по 16 квалитету: D_{0.1.1} = Ø47H16(+1,9), т.е. использовался допуск T_D = IT16=1,9 мм, а по ГОСТ 7505-89 для стальных поковок (штамповок) допуск немного больше: T_{D шт} = 2,0 мм, поэтому надо это учесть. Разница ΔT_{шт} = T_{D шт} – IT16 = 2,0-1,9 = 0,1 мм.

2) Поэтому сначала от D_{min} = 47 мм надо отнять (т.к. новый допуск по ГОСТ немного больше, то надо оставить немного больше припуска на следующую обработку) ΔT_{шт} и получится новый рассчитанный минимально допустимый размер D*_{min} для штамповки: D*_{min} = D_{min} – ΔT_{шт} = 47 – 0,1 = 46,9 мм.

3) Т.к. при штамповке отклонения ^{+1,3}_{-0,7}, то нижнее отклонение (Н.О.) должно быть -0,7 мм (со знаком МИНУС, а не 0), то к D*_{min} = 46,9 мм надо прибавить Н.О. по абсолютной величине и тогда получится новый принятый номинальный размер:

$$D^*_{\text{ном принятый}} = D^*_{\text{min}} + \text{Н.О} = 46,9 + 0,7 = 47,6 \text{ мм.}$$

4) Принятый исполнительный размер отверстия на правой стороне

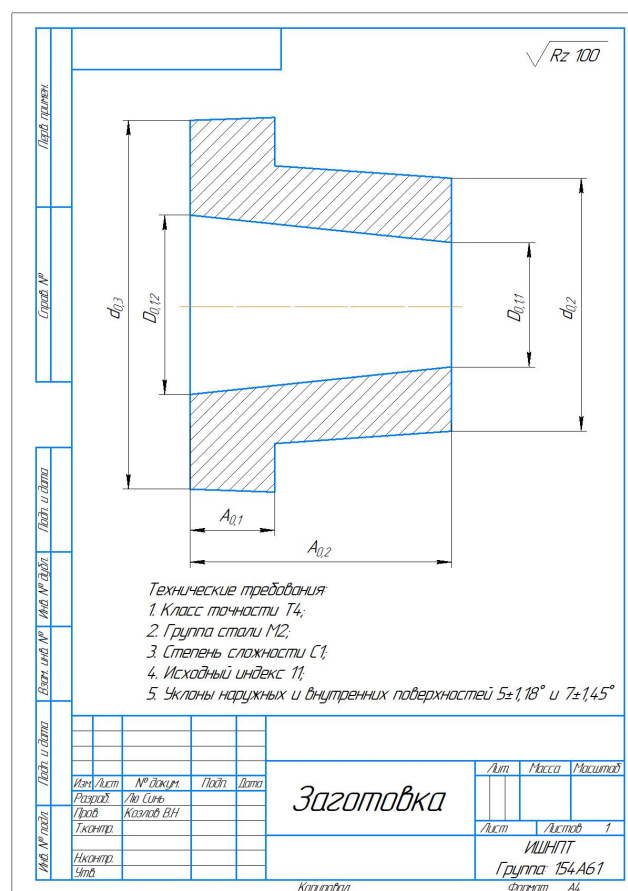


Рис. Б2. Эскиз штампованной заготовки

штаповки $D_{0.1.1 \text{ прин}} = \varnothing 47,6^{+1,3}_{-0,7}$ мм.

Т.к. для упрощения изготовления штампов и уменьшения их себестоимости в штампованной заготовке не будет ступенчатого отверстия – отдельно для $\varnothing 62H7$ на левой стороне заготовки, и отдельно для $\varnothing 54K7$ на правой стороне заготовки, – а будет одно из-за небольшой разницы диаметров, то за основу принимаем меньший диаметр, т.е. на правой стороне заготовки $D_{0.1.1 \text{ прин}} = \varnothing 47,6^{+1,3}_{-0,7}$ мм., который указываем на эскизе заготовки (рис. Б1 и Б2) справа, т.е. там, где будет меньшее отверстие $\varnothing 54K7$.

На левой стороне заготовки будет большее отверстие $\varnothing 62H7$. Т.к. на штамповке для внутренних поверхностей будет штамповочный уклон $\alpha = 7 \pm 1,75^\circ$, то проверяем, достаточный ли будет размер отверстия на левой стороне штамповки для обеспечения минимального припуска при первой механической обработке (обдирке). Ранее было рассчитано, что отверстие на левой стороне штамповки $\varnothing D_{0.1}$ для $\varnothing 62H7$ должно быть $\varnothing 55,6^{+1,3}_{-0,7}$ мм.

Рассчитываем $\varnothing D^*_{0.1}$ с учётом наибольшего допустимого уклона $\alpha_{\max} = 8,75^\circ$ и наибольшей допустимой длины отверстия (длины заготовки) $A_{0.2}^* = 87,5^{+1,3}_{-0,7}$.

Рассчитываем половину наибольшего увеличения диаметра $\varnothing D_{0.1}$ из-за штамповочного уклона:

$$\Delta D_{0.1 \text{ max}} / 2 = A_{0.2 \text{ max}} \times \operatorname{tg} \alpha_{\max} = 88,8 \times \operatorname{tg} 8,75^\circ = 88,8 \times 0,154 = 13,675 \text{ мм.}$$

Наибольшее изменение диаметра из-за уклона:

$$\Delta D_{0.1 \text{ max}} = 13,675 \times 2 = 27,35 \text{ мм.}$$

Рассчитываем наибольший допустимый диаметр отверстия на левой

стороне штамповки из-за наибольшего допустимого уклона:

$$(D_{0.1} = \varnothing 47,6^{+1,3}_{-0,7} \text{ мм})$$

$$D^*_{0.1 \text{ max}} = D_{0.1 \text{ max}} + \Delta D_{0.1 \text{ max}} = 48,9 + 27,35 = 76,25 \text{ мм.}$$

При максимально допустимом диаметре отверстия на левой стороне штамповки $D_{0.1 \text{ max}}$ для $\varnothing 62\text{H}7 = 56,9 \text{ мм}$ ($D_{0.1}$ для $\varnothing 62\text{H}7 = \varnothing 55,6^{+1,3}_{-0,7} \text{ мм}$) такой диаметр недопустимо большой (т.е. не останется припуска на обработку из-за уклона), поэтому необходимо уменьшить диаметр отверстия $D_{0.1}$ на величину Δ^*_D в штамповке на правой части:

$$\Delta^*_D = D^*_{0.1 \text{ max}} - D_{0.1 \text{ max}} \text{ для } \varnothing 62\text{H}7 = 76,25 - 56,9 = 19,35 \text{ мм.}$$

Рассчитываем новый наибольший допустимый диаметр отверстия на правой части штамповки ($D_{0.1} = \varnothing 47,6^{+1,3}_{-0,7} \text{ мм}$) исходя из максимально допустимого диаметра отверстия на левой стороне штамповки $D_{0.1 \text{ max}}$ для $\varnothing 62\text{H}7 = 56,9 \text{ мм}$:

$$D_{0.1 \text{ max нов}} = D_{0.1 \text{ max}} - \Delta^*_D = 48,9 - 19,35 = 29,55 \text{ мм.}$$

Такая достаточно малая величина отверстия недопустима для обработки, поэтому можно использовать штамповку в горизонтально-ковочной машине. Если наружные поверхности поковки, штампуемой на ГКМ, полностью или частично оформляются в пуансоне, то можно уменьшить величину уклонов β в зависимости от отношения длины заготовки L к её наибольшему диаметру D .

Таблица Б3 – Минимальная величина уклонов для наружных поверхностей

L/D	До 0,3	Св.0,3 до 1,2	Св.1,2 до 2,2	Св.2,2 до 3,2	Св.3,2 до 4,2
β	0°	15'	30'	45'	1°

Мы используем штамповку в два этапа. На первом этапе заготовка штампуется без отверстия (рис. Б4), а на втором прошивается отверстие. В этом случае требуется менее дорогое оборудование и оснастка, поэтому лучше принять этот вариант. Так как при штамповке получить сквозное отверстие

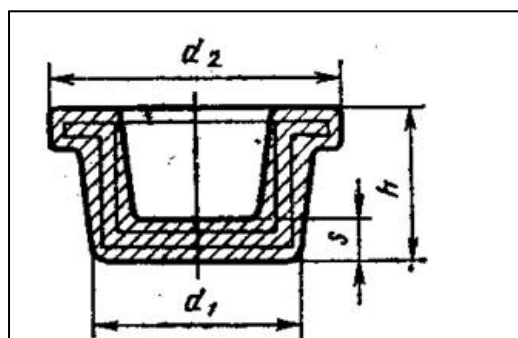


Рис. Б4. Штамповка под прошивку

невозможно, под прошивку оставляется перемычка. Толщина перемычки может быть определена по таблице Б5 (обозначения приведены на рисунке Б4).

Таблица Б5 – Толщина перемычки под прошивку

d_s , мм	$h/d_s \leq 3$	$h/d_s > 3$
До 25	2	3
25 – 40	3	4
40 – 63	5	6
63 – 100	6	8
100 – 160	8	10
160 – 250	12	16
Примечание: $d_s = 0,5 \cdot (d_1 + d_2)$		

Принимаем величину уклонов наружных поверхностей $\beta = 2 \pm 1^\circ$, внутренних (отверстия) $\alpha = 3 \pm 1^\circ$.

Рассчитываем $\varnothing D_{0.1.2}^*$ с учётом наибольшего допустимого уклона $\alpha_{\max} = 4^\circ$ и наибольшей допустимой длины отверстия (длины заготовки) $A_{0.2}^* = 87,5^{+1,3}_{-0,7}$.

Рассчитываем половину наибольшего увеличения диаметра $\varnothing D_{0.1.2}$ из-за штамповочного уклона:

$$\Delta D_{0.1.2 \max} / 2 = A_{0.2 \max} \times \operatorname{tg} \alpha_{\max} = 88,8 \times \operatorname{tg} 4^\circ = 88,8 \times 0,07 = 6,21 \text{ мм.}$$

Наибольшее изменение диаметра из-за уклона:

$$\Delta D_{0.1.2 \max} = 6,21 \times 2 = 12,42 \text{ мм.}$$

Рассчитываем наибольший возможный диаметр отверстия на левой

стороне штамповки из-за наибольшего допустимого уклона:

$$D_{0.1.2 \max}^* = D_{0.1.1 \max} + \Delta D_{0.1.2 \max} = 48,9 + 12,42 = 61,32 \text{ мм.}$$

При максимально допустимом диаметре отверстия на левой стороне штамповки $D_{0.1.2 \max}$ для $\varnothing 62H7 = 56,9$ мм ($D_{0.1.2}$ для $\varnothing 62H7 = \varnothing 55,6^{+1,3}_{-0,7}$ мм) такой диаметр недопустимо большой (т.е. не останется припуска на обработку из-за уклона), то необходимо уменьшить диаметр отверстия в штамповке $D_{0.1}$ на правой её части на величину Δ^*_D :

$$\Delta^*_D = D_{0.1.2 \max}^* - D_{0.1.2 \max \text{ для } \varnothing 62H7} = 61,32 - 56,9 = 4,42 \text{ мм.}$$

Рассчитываем новый наибольший допустимый диаметр отверстия на правой части штамповки исходя из максимально допустимого диаметра отверстия на левой стороне штамповки $D_{0.1.2 \max}$ для $\varnothing 62H7 = 56,9$ мм ($D_{0.1.2}$ для $\varnothing 62H7 = \varnothing 55,6^{+1,3}_{-0,7}$ мм, а на правой стороне $D_{0.1.1}$ для $\varnothing 54K7 = \varnothing 47,6^{+1,3}_{-0,7}$ мм):

$$D_{0.1.1 \max \text{ нов}} = D_{0.1.1 \max} - \Delta^*_D = 48,9 - 4,42 = 44,48 \text{ мм.}$$

Диаметр на правой стороне заготовки будет контролироваться при штамповке отверстия как основной, поэтому его определяем его исполнительный диаметр. При $D_{0.1.1 \max \text{ нов}} = 44,48$ мм, в.о. = +1,3 мм рассчитываем номинальный диаметр $D_{0.1 \text{ нов}}$:

$$D_{0.1.1 \text{ нов}} = D_{0.1.1 \max \text{ нов}} - \text{в.о.} = 44,48 - 1,3 = 43,18 \approx 43,1 \text{ мм.}$$

$$\text{Исполнительный диаметр } D_{0.1.1 \text{ нов}} = 43,1^{+1,3}_{-0,7} \text{ мм.}$$

При расточке этого отверстия на второй операции (при обдирке) $\varnothing 50,7H15^{(+1,2)}$ на глубину $A_{1.3} = 56,1H15^{(+1,2)}$ [$\rightarrow A_{1.4} = 57,6H15^{(+1,2)} \rightarrow A_{1.5} = 59,1H14^{(+0,74)} \rightarrow A_{6.2} = K = 60H14^{(+0,74)}$] необходимо будет удалить увеличенный припуск $2z_{2.10}$ с учётом уменьшения диаметра штампованного

(прошитого) отверстия из-за уклона на глубине $A_{1.3 \max} = 57,3$ мм.

Рассчитываем наименьший диаметр отверстия в штамповке на глубине $A_{1.3 \max} = 57,3$ мм от левого торца заготовки (на эскизе штамповки и детали) после её торцевания (обточки торца) на 3-ем переходе 1-ой операции), или на расстоянии

$A^*_{\min} = A_{1.2 \max} - A_{1.3 \max} = 83,9 - 57,3 = 26,6$ мм от правого торца штамповки [$A_{1.2} = 83,9 \text{ h}14_{(-0,87)}$], т.к. этот правый торец ещё не обрабатывался после штамповки, учитывая, что $D_{0.1.1 \text{ нов}} = 43,1^{+1,3}_{-0,7}$ мм, $\alpha = 3 \pm 1^\circ$, $D_{1.3} = 58,7 \text{ H}15^{(+1,2)}$:

$$D_{0.1.1 \text{ нов min при } A^*_{\min}} = D_{0.1.1 \text{ нов min}} + \Delta D_{0.1.1 \text{ min при } A^*_{\min}} = D_{0.1.1 \text{ нов min}} + 2(A^*_{\min} \times \operatorname{tg} \alpha_{\min}) = 42,4 + 2(26,6 \times \operatorname{tg} 2^\circ) = 42,4 + 1,858 = 44,258 \text{ мм.}$$

$$2Z_{1.3 \max} = D_{1.3 \max} - D_{0.1.1 \text{ нов min при } A^*_{\min}} = 59,9 - 44,258 = 15,642 \text{ мм.}$$

При наибольшей допустимой глубине резания $t_{\max} \approx 3$ мм рассчитываем число проходов i :

$$i = 2Z_{1.3 \max} / (2 t_{\max}) = 15,642 / (2 \times 3) = 2,607 \approx 3 \text{ прохода.}$$

Уменьшение количества проходов можно было бы достичь за счёт увеличения глубины резания на первом (обдирочном) проходе, т.к. наибольшая глубина резания будет только в конце отверстия. Но это делать нежелательно, т.к. глубина резания может увеличиться из-за погрешности формы и изогнутости штампованного отверстия и отклонения от соосности прошитого отверстия относительно наружной ещё не обработанной поверхности $\varnothing d_{0.2}$, которая будет использоваться в качестве базовой, из-за погрешности закрепления за необработанную поверхность $\varnothing d_{0.2}$. По ГОСТ 7505-89 на штамповку отклонение от соосности при точности штамповки Т4 и $\varnothing 126$ мм

должно быть не более 1 мм (Таблица Б5. Допускаемое наибольшее отклонение от концентричности пробитого в поковке отверстия), и это добавляет 1 мм к глубине резания на первом обдирочном проходе, а при учёте погрешности формы и изогнутости штампованного отверстия ещё 1 мм (Таблица 3). Поэтому на первом проходе при обдирке настраиваемая глубина резания должна быть не более 2,3 мм (а может оказаться и 4,3 мм в конце отверстия в отдельном его положении относительно оси вращения шпинделя). На втором проходе глубина резания будет более стабильна, потому глубину резания можно увеличить до $t_{2 \text{ прохода max}} = 3$ мм, что при обдирочной расточке достаточно большого отверстия Ø59,9 мм с левой стороны заготовки допустимо.

На последнем (3-ем) обдирочном проходе желательно глубину резания оставлять меньше, т.к. это уменьшит силу резания и тем самым уменьшит упругую деформацию системы СПИД, а это приведёт к увеличению точности размера, расположения растачиваемого отверстия относительно оси вращения шпинделя, уменьшит погрешность формы обрабатываемой поверхности.

$$t_{3 \text{ прохода max}} = (15,642/2) - (t_{1 \text{ прохода max}} + t_{2 \text{ прохода max}}) = 7,821 - (2,3 + 3) = 2,521 \text{ мм},$$

Обдирочная расточка за 3 прохода будет учитываться при расчёте основного времени для выполнения этого перехода в 1-ой операции ($t_{o 1.10}$).

Расчёт режимов резания при обдирке штамповки с учётом уклона

Обдирка отверстия Ø58,7Н15, проход №1

Резец расточной с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 90°.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2; K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} =$$

$$= 1,2 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,84$$

Подача: $s = 0,34 \text{ мм}\backslash\text{об}$; Глубина резания: $t = 2,3 \text{ мм}$;

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \cdot 1 = 60 \text{ мин}$;

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,3^{0,15} \cdot 0,34^{0,35}} \cdot 0,84 = 167 \text{ м}\backslash\text{мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 167}{3,14 \cdot 55,6} = 956,6 \text{ об}\backslash\text{мин}$$

Сила резания:

Сила	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	1078,6
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,17	1,0	1,0	1,0	0,9945	

$$K_{Pz} = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,7565$$

$$P_Z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2,3^1 \cdot 0,34^{0,75} \cdot 167^{-0,15} \cdot 0,7565 = 1078,6 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1078,6 \cdot 167}{1020 \cdot 60} = 2,9 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 2,9 < 11$;

Обдирка отверстия Ø58,7H15, проход №2

Подача: $s = 0,34 \text{ мм}\backslash\text{об}$; глубина резания: $t = 3 \text{ мм}$;

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \cdot 1 = 60 \text{ мин}$;

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,34^{0,35}} \cdot 0,84 = 160,4 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 160,4}{3,14 \cdot 55,6} = 918,8 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Сила	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	1415
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,17	1,0	1,0	1,0	0,9945	

$$K_{Pz} = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,7565$$

$$P_Z = 10 C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,34^{0,75} \cdot 160,4^{-0,15} \cdot 0,7565 = 1415 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1415 \cdot 160,4}{1020 \cdot 60} = 3,7 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 3,7 < 11;$$

Обдирка отверстия Ø58,7H15, проход №3

$$\text{Подача: } s = 0,34 \text{ мм/об; глубина резания: } t = 2,521 \text{ мм;}$$

$$\text{Стойкость: } T = T K_{T_H} = 60 \cdot 1 = 60 \text{ мин;}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,521^{0,15} \cdot 0,34^{0,35}} \cdot 0,84 = 165 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 165}{3,14 \cdot 55,6} = 945 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Сила	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	1184,4
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,17	1,0	1,0	1,0	0,9945	

$$K_{Pz} = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,7565$$

$$P_Z = 10 C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \cdot 300 \cdot 2,521^1 \cdot 0,34^{0,75} \cdot 165^{-0,15} \cdot 0,7565 = 1184,4 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1184,4 \cdot 165}{1020 \cdot 60} = 3,2 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 3,2 < 11;$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg} \phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \cdot \frac{i}{n \cdot S} = \frac{\left(57,6 + \frac{2,3}{\text{tg} 20^\circ} + 1 + 1 \right) \times 3}{(956,6 \cdot 0,34)} = 0,6 \text{ мин},$$

Аналогично рассчитывается и наибольшая глубина резания при обдирочной обточке наружной цилиндрической поверхности $\varnothing d_{2.8} = 83,7 \text{ h}15$ во 2-ой операции при закреплении заготовки на разжимной оправке за поверхность отверстия $D_{1.5} = \varnothing 61,2 \text{ H}9$.

При обдирке $\varnothing d_{2.8}$ необходимо рассчитать наибольшую глубину резания и количество проходов аналогично выше написанному.

При расточке отверстия $D_{2.10} = \varnothing 50,7 \text{ H}15$ на правой стороне (см. эскиз детали и штамповки) необходимо рассчитать наибольшую глубину резания и количество проходов аналогично выше написанному.

Уменьшение количества проходов можно достичь за счёт увеличения глубины резания на втором и третьем проходе, когда будет устранена погрешность формы и расположения поверхности растачиваемого отверстия $D_{2.5} = \varnothing 50,7 \text{ H}15$ относительно поверхности отверстия $D_{1.5} = 61,2 \text{ H}9$, которая будет использоваться в качестве базовой.

Это надо будет учитывать при расчёте основного времени для выполнения 10-того перехода во 2-ой операции ($t_{o \ 2.10}$).

Для наружной поверхности $\varnothing 86,2^{+1,3}_{-0,7}$ мм рассчитываем длину поверхности $d_{0.2} = \varnothing 86,2^{+1,3}_{-0,7}$ мм на штамповке, которую обозначим символом $A^*_{\text{для } d_{0.2}}$ Расчёт ведём с учётом линейных размеров штамповки: $A_{0.2}^* =$

$$87,5^{+1,3}_{-0,7} \text{ мм}, \quad A_{0.1} = 28,3^{+1,1}_{-0,5} \text{ мм}$$

$$A^*_{\text{для } d_{0.2 \text{ max}}} = A_{0.2 \text{ max}} - A_{0.1 \text{ min}} = 88,8 - 27,8 = 61 \text{ мм.}$$

Рассчитываем половину наибольшего увеличения диаметра из-за штамповочного уклона:

$$\Delta d_{0.2 \text{ max}} / 2 = A^*_{\text{для } d_{0.2 \text{ max}}} \times \text{tg } \alpha_{\text{max}} = 61 \times \text{tg} 3^\circ \approx 3,20 \text{ мм.}$$

Наибольшее изменение диаметра из-за уклона:

Увеличение диаметра наружной поверхности $\varnothing d_{0.2}$ из-за штамповочного уклона: $\Delta d_{0.2 \text{ max}} = 3,20 \times 2 = 6,4 \text{ мм.}$

$$d^*_{0.2 \text{ max}} = d_{0.2 \text{ max}} + \Delta d_{0.2 \text{ max}} = 87,5 + 6,4 = 93,9 \text{ мм.}$$

$$d_{2.8 \text{ min}} = 83,7 \text{ h}15_{(-1,4)}$$

$$2z_{\text{max}} = d^*_{0.2 \text{ max}} - d_{2.8 \text{ min}} = 93,9 - 82,3 = 11,6 \text{ мм.}$$

$$i = 2z_{\text{max}} / (2 \times t_{\text{max}}) = 11,6 / (2 \times 4) = 1,45 \approx 2 \text{ прохода.}$$

При обработке на станке с ЧПУ на 1 обдирочный проход $\varnothing d_{2.8} = \varnothing 83,7 \text{ h}15$ настраиваем глубину резания 2 мм (но она может оказаться и больше 3 мм в конце обточки в отдельном положении заготовки при вращении), на втором проходе $t \approx 2,5 \text{ мм}$, на третьем проходе останется в самом худшем случае $t \approx 1,3 \text{ мм}$.

На следующем переходе при черновой обточке $\varnothing d_{2.9} = \varnothing 81,7 \text{ h}12$ уменьшают подачу для уменьшения шероховатости поверхности перед получистовой обточкой $\varnothing d_{2.10} = \varnothing 80,9 \text{ h}9$. При черновой обточке $\varnothing d_{2.9} = \varnothing 81,7 \text{ h}12$ наибольшая глубина резания $t_{\text{max}} = 1,175 \text{ (1,155) мм}$, что обеспечит исправление погрешности формы и расположения поверхностей, оставшихся после обдирки: они должны быть минимальны перед получистовой обточкой

$\varnothing d_{2.10} = \varnothing 80,9h9$, т.к. припуск остаётся слишком маленьким.

Обдирка поверхности $\varnothing 83,7h15$

1-й проход при обдирке поверхности $\varnothing 83,7h15$

резец - проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава T15K6

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2; K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{HV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ = 1,2 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,02$$

Подача: $s = 0,34 \text{ мм/об}$; Глубина резания: $t = 2 \text{ мм}$

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \cdot 1 = 60 \text{ мин}$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,34^{0,35}} \cdot 1,02 = 207 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

Частота вращения: $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 207}{3,14 \cdot 86,2} = 765 \text{ об/мин}$

Сила резания:

Комп- о- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	1020
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_P t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,34^{0,75} \cdot 207^{-0,15} \cdot 0,85 = 1020 \text{ Н}$$

Мощность резания: $N = \frac{P_Z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1020 \cdot 207}{1020 \cdot 60} = 3,45 \text{ кВт}$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 3,45 < 11;$

2-й проход при обдирке поверхности Ø83,7h15

Подача: $s = 0,34 \text{ мм/об}$; Глубина резания: $t = 2,5 \text{ мм}$

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \cdot 1 = 60 \text{ мин}$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,34^{0,35}} \cdot 1,02 = 200 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 86,2} = 739 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Комп- о- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	1282
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_P t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,34^{0,75} \cdot 200^{-0,15} \cdot 0,85 = 1282 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1282 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 4,2 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 4,2 < 11;$

3-й проход при обдирке поверхности Ø83,7h15

Подача: $s = 0,34 \text{ мм/об}$; Глубина резания: $t = 1,3 \text{ мм}$

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \cdot 1 = 60 \text{ мин}$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,3^{0,15} \cdot 0,34^{0,35}} \cdot 1,02 = 220,8 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 220,8}{3,14 \cdot 85} = 827,3 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Комп- о-нен- та	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	657
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_P t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,3^1 \cdot 0,34^{0,75} \cdot 220,8^{-0,15} \cdot 0,85 = 657 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \cdot 60} = \frac{657 \cdot 220,8}{1020 \cdot 60} = 2,4 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 2,4 < 11;$

$$l) \quad T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \cdot \frac{i}{n \cdot S} = \frac{\left(56 + \frac{2}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right) \times 3}{(765 \cdot 0,34)} = 0,69 \text{ мин,}$$

Расчёты для длины штамповки $A_{0.2} = 88,8h16(-2,2)$

1) У рассчитанного ранее размера $88,8h16(-2,2)$ посчитали, что допуск $T_d = IT16 = 2,2$ мм, но у штамповок по ГОСТ допуск может быть немного меньше: $T_{d \text{ шт}} = 2,0$ мм, т.е. разница $\Delta T_{\text{шт}} = 2,2 - 2,0 = 0,2$ мм.

Поэтому сначала от $A_{0.2 \text{ max}} = 88,8$ мм надо отнять $\Delta T_{\text{шт}}$ и получится новый рассчитанный $A_{0.2}^*_{\text{max}}$ для штамповки: $A_{0.2}^*_{\text{max}} = 88,8 - \Delta T_{\text{шт}} = 88,8 - 0,2 = 88,6$ мм.

2) Т.к. при штамповке верхнее отклонение (в.о.) должно быть $+1,3$ мм (т.к. для штамповки отклонения $^{+1,3}_{-0,7}$), то от $A_{0.2}^*_{\text{max}} = 88,6$ мм надо отнять в.о. и тогда получится новый принятый номинальный размер: $A_{0.2}^*_{\text{ном принятый}} = A_{0.2}^*_{\text{max}} - \text{в.о.} = 88,6 - 1,3 = 87,5$ мм.

3) Принятый исполнительный размер у штамповки: $A_{0.2}^* = 87,5^{+1,3}_{-0,7}$ мм.

Для толщины буртика $A_{0.1} \approx 29,1 \pm 1,6_{(-1,3)}$ (поковки стальные штампованные):

Расчёты для длины штамповки уступа

1) У рассчитанного ранее размера $29,1 \pm 1,6_{(-1,3)}$ посчитали, что допуск $T_d = IT16 = 1,3$ мм, но у штамповок по ГОСТ допуск должен быть немного больше: $T_{d \text{ шт}} = 1,6$ мм, т.е. разница $\Delta T_{\text{шт}} = 1,6 - 1,3 = 0,3$ мм.

Поэтому сначала к $A_{0.1 \text{ max}} = 29,1$ мм надо прибавить $\Delta T_{\text{шт}}$ и получится новый рассчитанный $A_{0.1}^*_{\text{max}}$ для штамповки: $A_{0.1}^*_{\text{max}} = 29,1 + \Delta T_{\text{шт}} = 29,1 + 0,3 = 29,4$ мм.

2) Т.к. при штамповке верхнее отклонение (в.о.) должно быть $+1,1$ мм (т.к. для штамповки отклонения $^{+1,1}_{-0,5}$), то от $A_{0.1}^*_{\text{max}} = 29,4$ мм надо отнять в.о. и тогда получится новый принятый номинальный размер: $A_{0.1}^*_{\text{ном принятый}} = A_{0.1}^*_{\text{max}} - \text{в.о.} = 29,4 - 1,1 = 28,3$ мм.

3) Принятый исполнительный размер у штамповки: $A_{0.1} = 28,3^{+1,1}_{-0,5}$ мм.

Приложение В

(справочное)

Эскиз шпинделя токарного станка

При проектировании приспособления для второй (токарной) операции необходимо учитывать присоединительные размеры переднего конца шпинделя для установки корпуса разжимной оправки на наружную коническую поверхность шпинделя (угол $\alpha = 7^{\circ}07'30''$), расположение двух резьбовых отверстий (M20) и четырёх отверстий $\varnothing 23$ на фланце шпинделя для закрепления корпуса оправки.

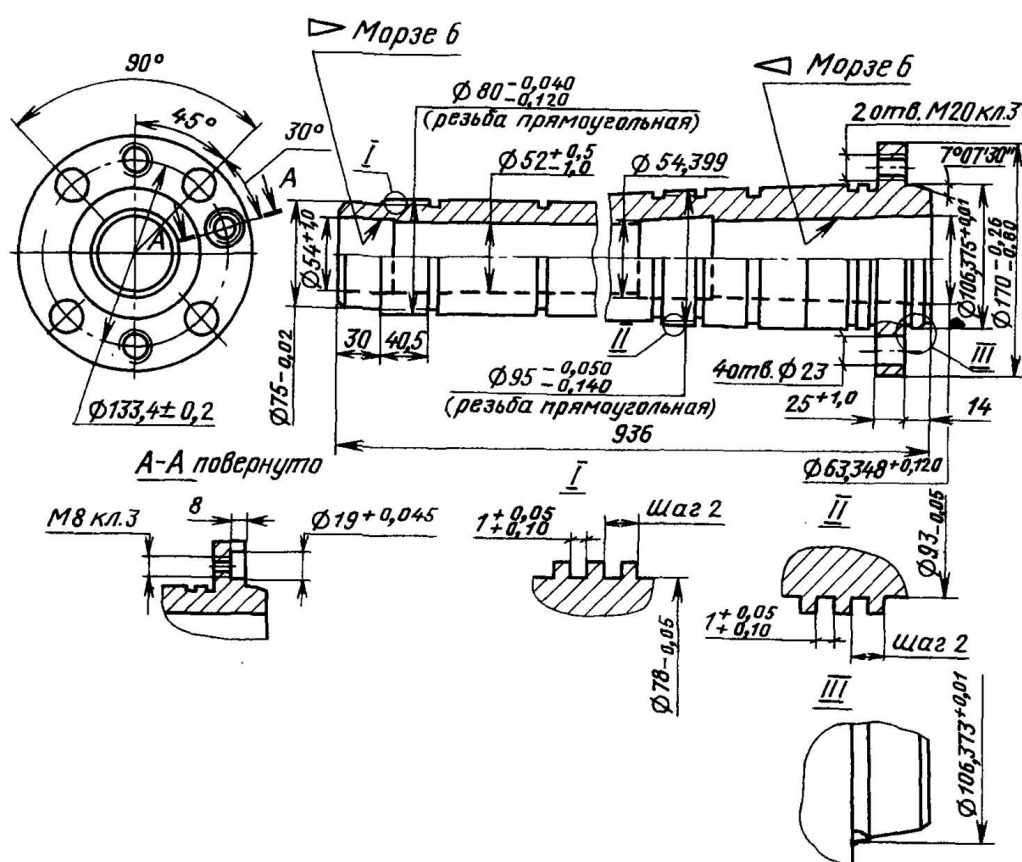


Рис. В1. Эскиз шпинделя токарного станка

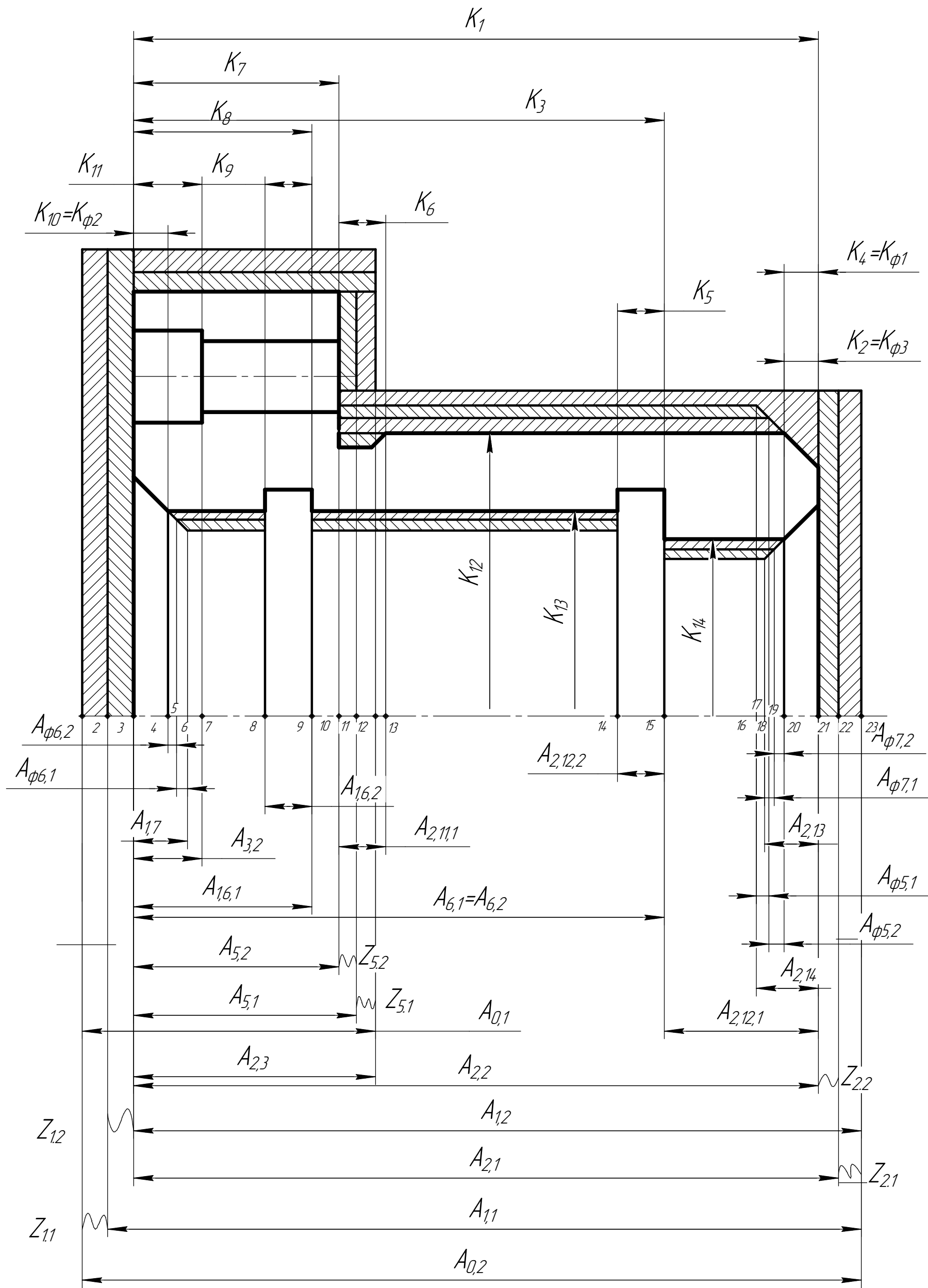
Для установки двух пробок с центральным отверстием под толкатель (чтобы он не болтался в отверстии шпинделя) и наружной конической поверхностью для установки пробок в шпинделе с натягом необходимо знать внутренний конус в передней части шпинделя (Морзе 6) и в задней части (Морзе 6). Посадка по конической поверхности обеспечит высокую точность расположения центрального отверстия пробок относительно оси отверстия шпинделя и не допустит перекоса толкателя.

Приложение Г
(обязательное)
Чертеж детали

Приложение Д
(обязательное)
Комплексная схема обработки

Спроб. №	Перв. примен.

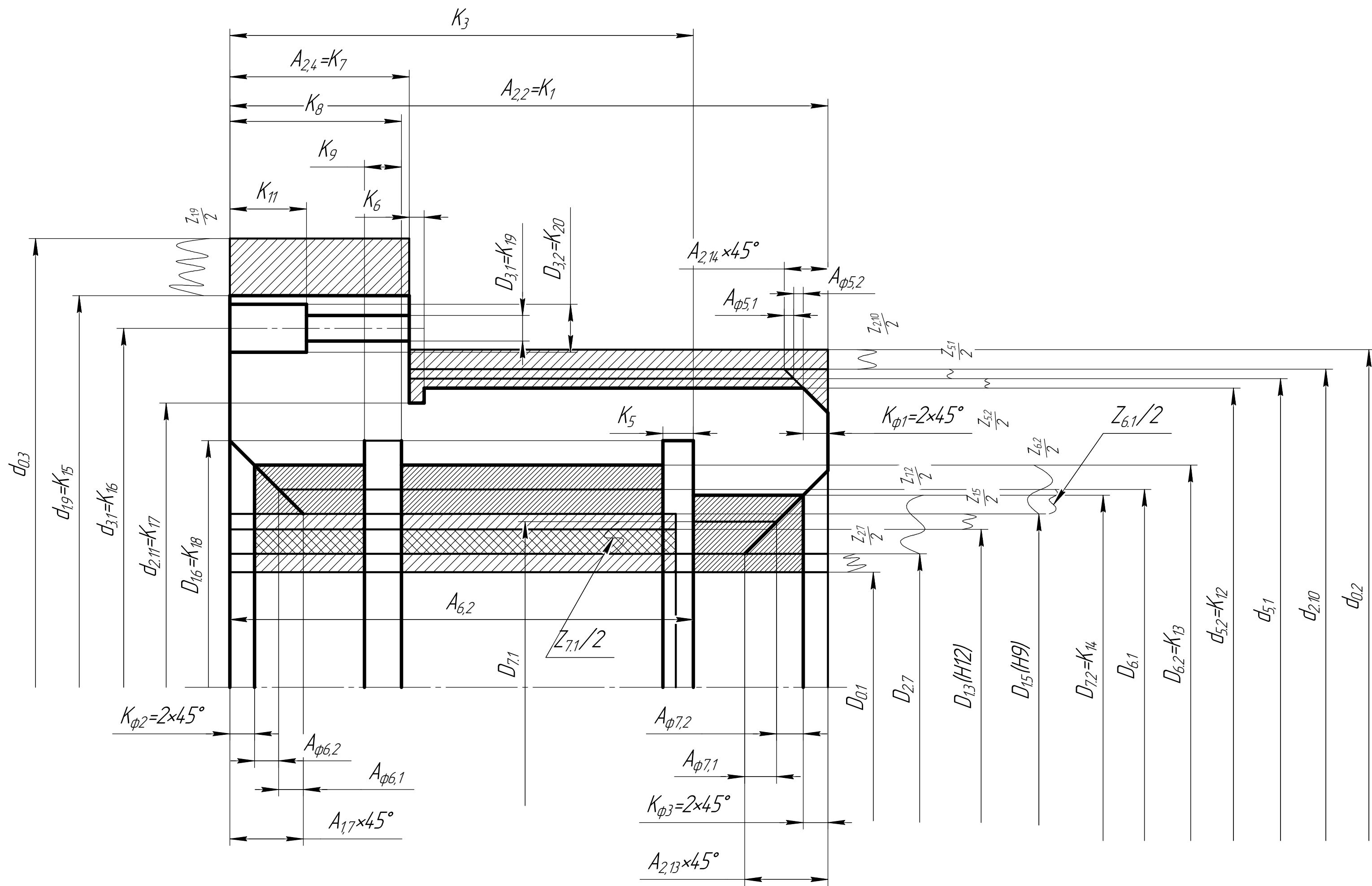
Инд. № подл.	Взам. инд. №	Инд. № подл.	Подп. и дата



ИШНПТ-154А80007.002						Комплексная схема обработки		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Ля Силь							
Проб.	Козлов В.Н					Лист	1	Листов
Т.контр.								2
Н.контр.						ИШНПТ		
Утв.						Группа: 154А61		
Не для коммерческого использования						Копировал		
						Формат А2		

КМПАС-30 v18.1 Учредит. версия. © 2019 ООО "АКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
Инд. № подл. Подп. и дата. Взам. инд. № Инд. № подл. Подп. и дата.

ИШНПТ-154А80007.002

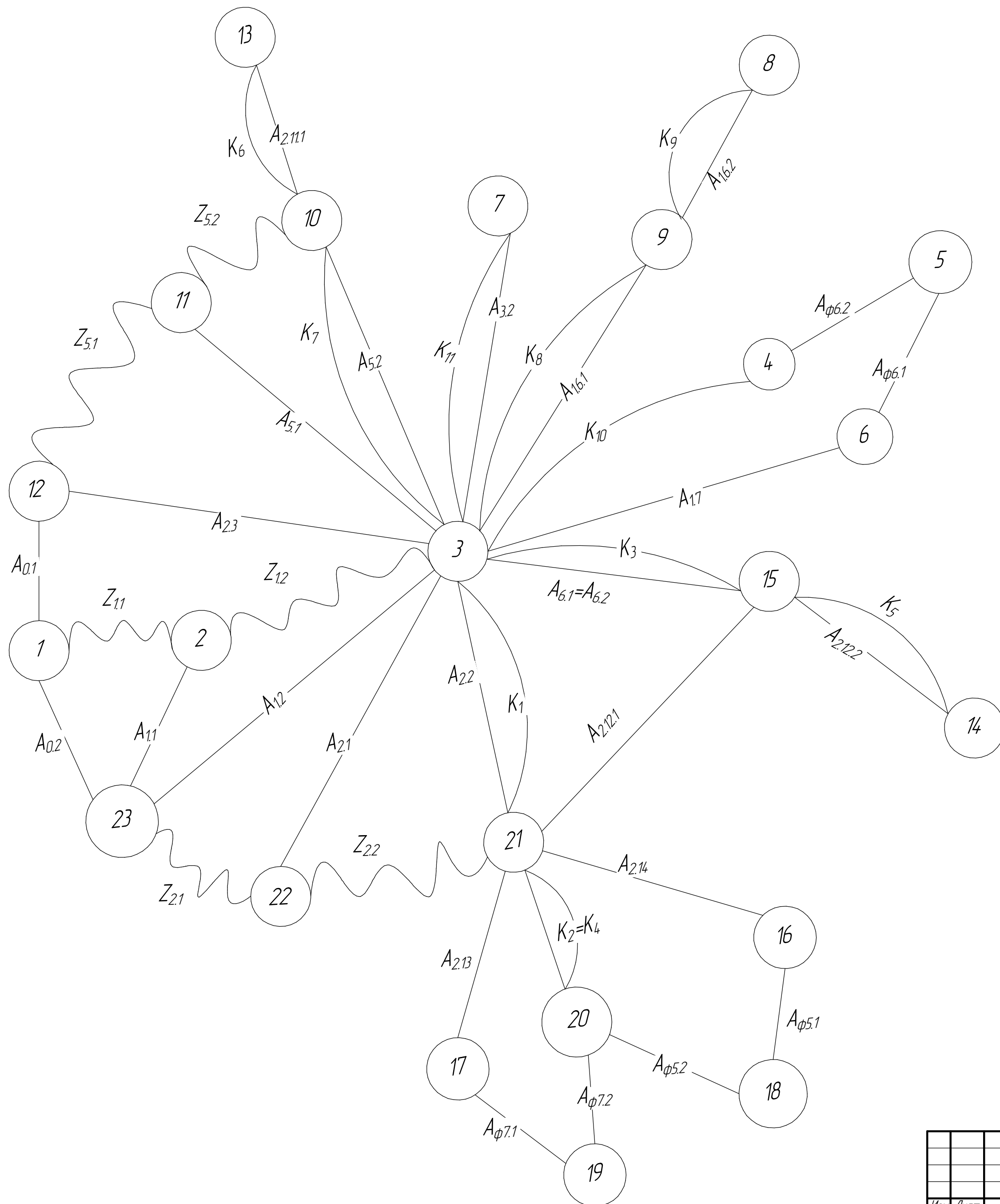


Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ИШНПТ-154А80007.002

Лист
2

Приложение Е
(обязательное)
Граф технологических размеров



						ИШНПТ-15А80007.003		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Граф технологических размеров	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Лю Синь							
Пров.	Козлов В.Н							
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.						ИШНПТ		
Чтб						Группа: 15А61		

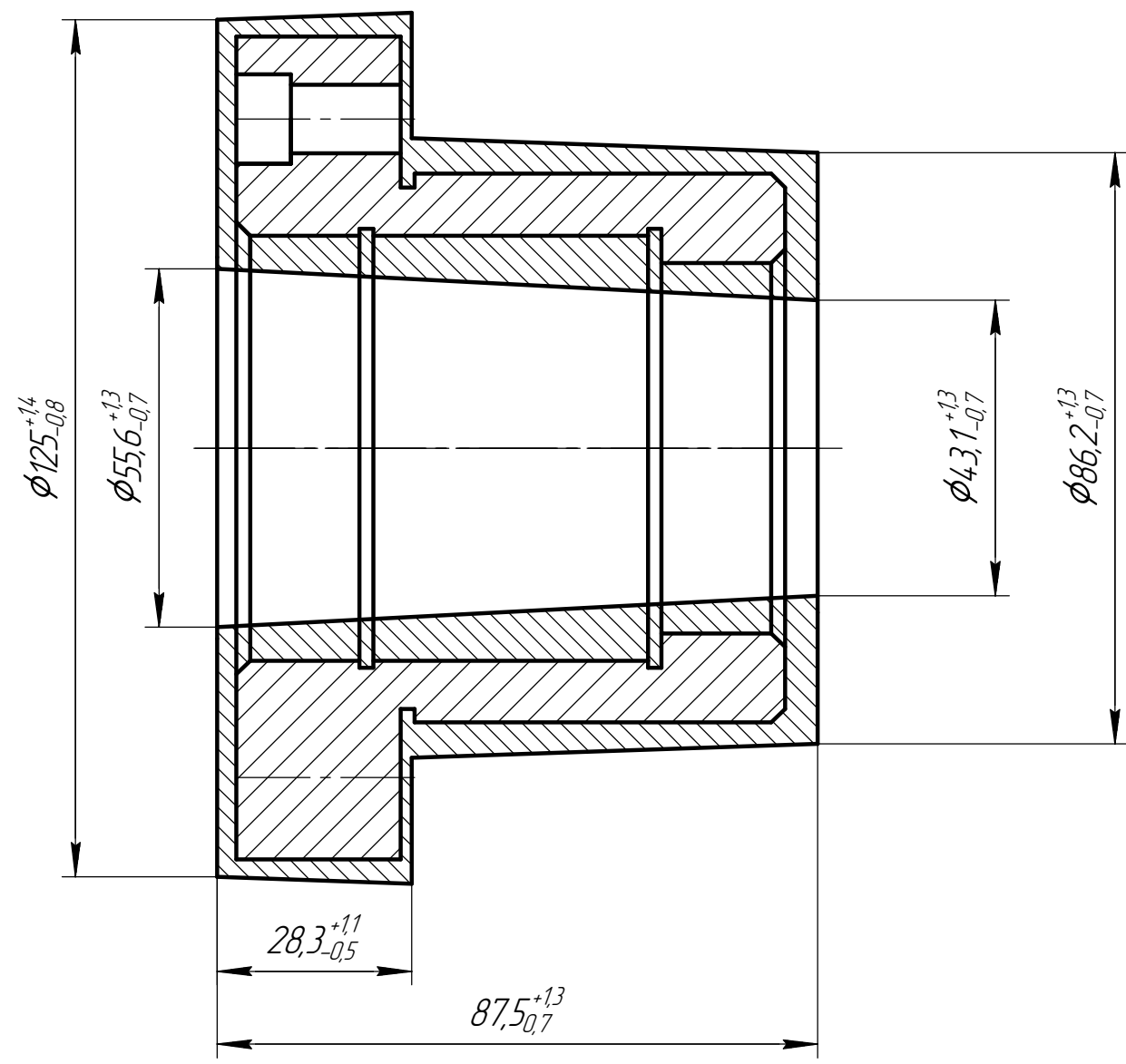
Приложение Ж
(обязательное)
Чертёж заготовки

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

ИШНПТ-154А80007.00.00.02

√ Rz 100

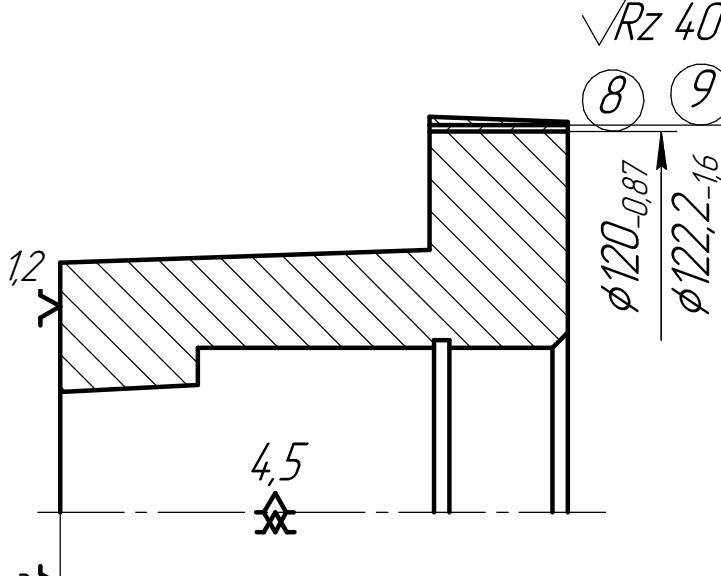
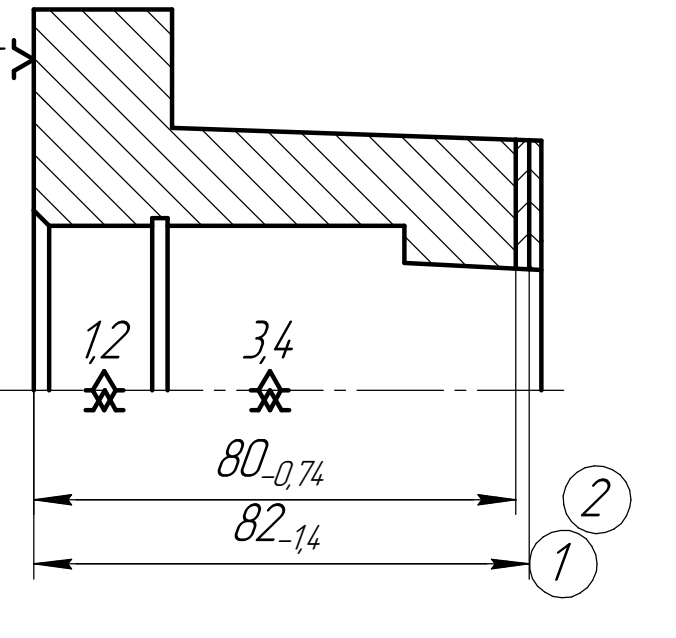
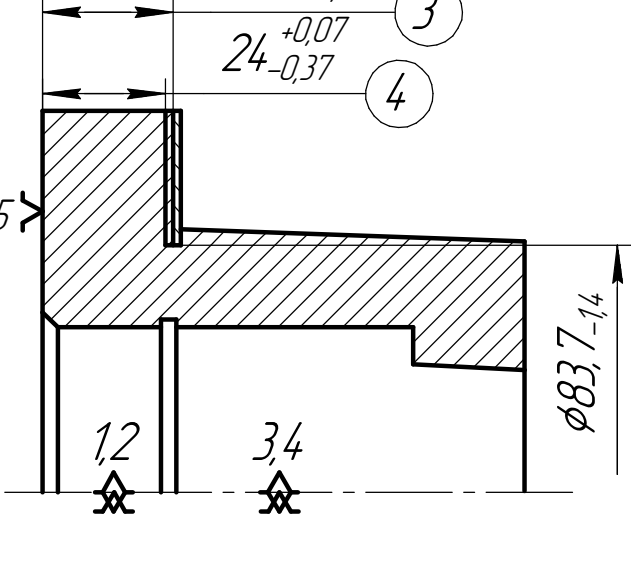
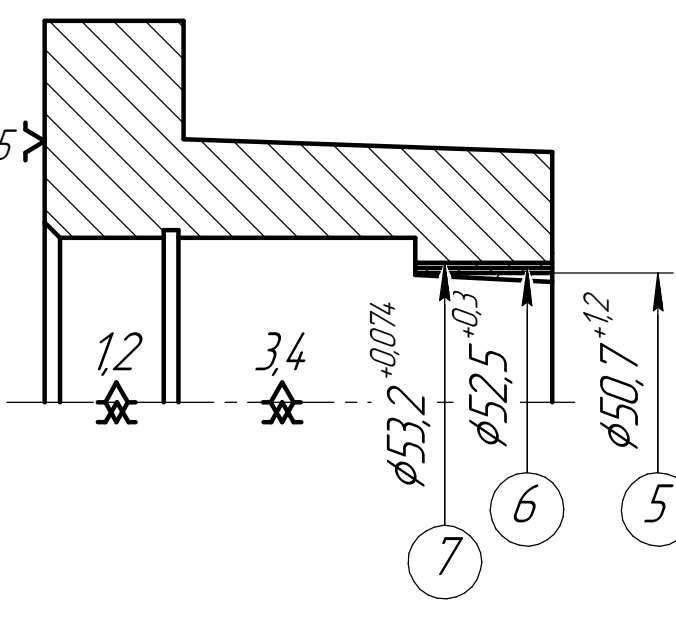
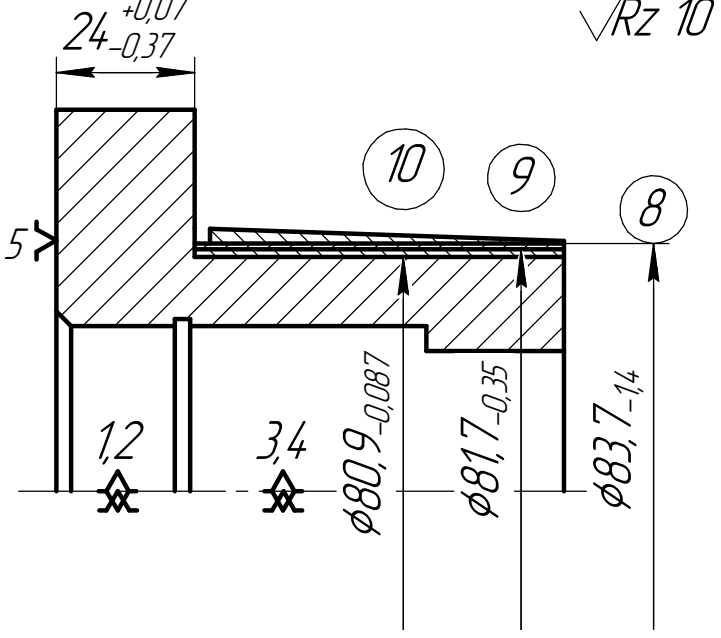
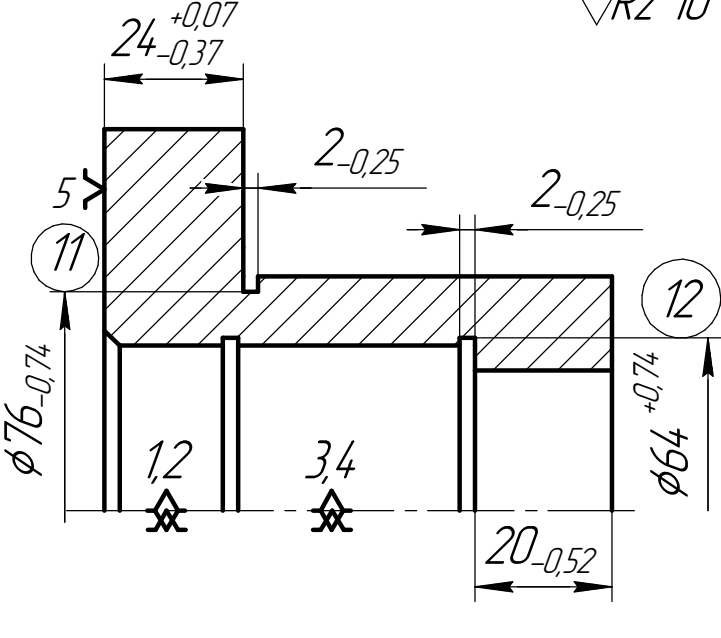
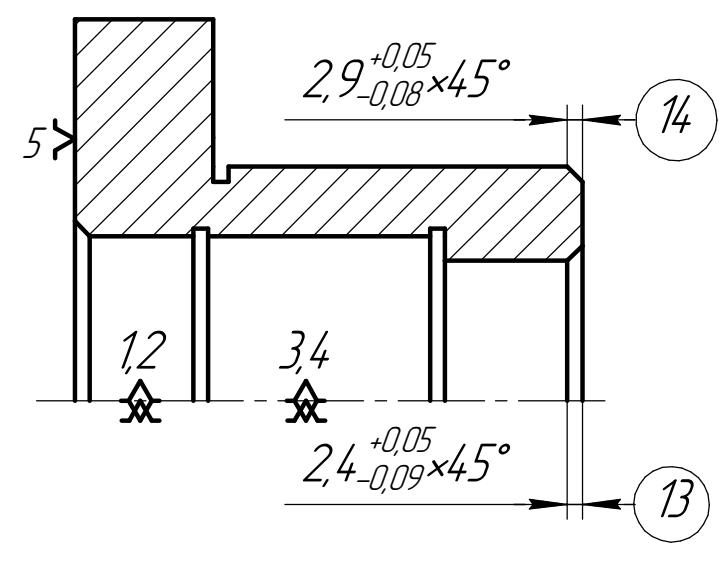
Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.



Технические требования:
1. Класс точности Т4;
2. Группа стали М2;
3. Степень сложности С1;
4. Исходный индекс 11;
5. Уклоны наружных и внутренних поверхностей 2±1° и 3±1°.

					ИШНПТ-154А80007.00.00.02						
					Заготовка			Лит.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						3,25кг	1:1
Разраб.		Лю Синь									
Пров.		Козлов В.Н									
Т.контр.											
								Лист	Листов	1	
Н.контр.					Сталь 40Х ГОСТ 4543-71			ИШНПТ			
Утв.								Группа: 154А61			

Приложение И
(обязательное)
Карта технологического процесса

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Наличие однорез. обработ. сторон	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направлении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режимы обработки				Нормы времени					ИШНПТ-154.А80007.001							
операций	перехода					Режущий	Измери- тельный						Подача		Частота, об./мин	Скорость резания, м/мин	То	Тдс	Тпз	Тшт	Тшт. к								
													мм/об	мм/мин															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22								
		8. Обточить наружный диаметр (8) на проход. 9. Обточить наружный диаметр (9) на проход.				Резец - проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89	1	1	122,2	27	3,05	0,52		426,5	167,4	0,14												
		9						1	1	120	27	15'15	0,24		615	236	0,2												
015	0	Операция 2 (Токарная с ЧПУ) 0. Установить и снять заготовку на разжимную оправку. 1. Обточить торец (1) предварительно выдерживая размер 82 _{-1,4} . 2. Обточить торец (2) окончательно выдерживая размер 80 _{-0,74} .				Подрезной отогнутый с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 ГОСТ18880-73.	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89	1	2	86,2	22	3,2	0,52		724	196	0,17												
	1																												
	2			1	1			86,2	22	2,42	0,24		957	259	0,13														
	3	3. Подрезать торец (3) до диаметра 83 _{7-1,4} предварительно выдерживая размер 24 _{7-0,52} . 4. Подрезать торец (4) до диаметра 83 _{7-1,4} окончательно выдерживая размер 24 _{-0,37} .				Подрезной отогнутый с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 ГОСТ18880-73.	Микрометр МК25 ГОСТ 6507-90	1	1	120	19,5	1,36	0,24		74,9	282,3	0,14												
	4			1	1			120	19,5	1,03	0,24		780	294	0,13														
	5	5. Расточить отверстие (5) на проход. 6. Расточить отверстие (6) на проход. 7. Расточить отверстие (7) на проход.				Резец расточной с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 с углом 90°	Индикаторный нутромер ЦИ 42-65	1	1	50,7	23	2,45	0,34		1219	165	0,08												
	6			1	1			52,5	23	1,03	0,34		1183	188,3	0,07														
	7			1	1			53,2	23	0,377	0,11		1698,5	280	0,14														
	8	8. Обточить поверхность (8),выдерживая размер 24 _{-0,37} . 9. Обточить поверхность (9),выдерживая размер 24 _{-0,37} . 10. Обточить поверхность (10),выдерживая размер 24 _{-0,37} .				Резец - проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6	Микрометр МК100 ГОСТ 6507-90	1	1	83,7	56	2,7	0,34		730,8	197,8	0,24	1,3	8	3,61	3,614								
	9			1	1			81,7	56	1,55	0,34		856	225	0,20														
	10			1	1			80,9	56	0,408	0,11		1310	336	0,4														
	11	11. Обточить канавку (11), выдерживая размеры 2 _{-0,25} и 24 _{-0,37} . 12. Расточить канавку (12), выдерживая размеры 2 _{-0,25} и 20 _{-0,52} .				Резец канавочный с режущей пластиной из твердого сплава Т15К10 с углом в плане 90°	Индикаторный нутромер ЦИ 50-160	1	1	76	2,82	2,82	0,07		529	134,4	0,13												
	12			1	1			64	1,77	1,77	0,07		699	134,4	0,08														
	13	13. Расточить фаску (13) выдерживая размер 2,9 _{-0,09} . 14. Обточить фаску (14), выдерживая размер 2,9 _{-0,08} .				Резец расточной с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 45°	Штангенциркуль для фасок	1	1	53,2	2,45	2,45	0,07		1485	248	0,07												
	14			1	1			61,2	2,95	2,95	0,07		949,5	241,2	0,12														
													ИЗМ/Лист		№ док-м		Подп.					Дата		ИШНПТ-154.А80007.001					Лист
																													2
Не для коммерческого использования																								Копировать					Формат А1

ИЗМ. № 1
ИЗМ. № 2
ИЗМ. № 3
ИЗМ. № 4
ИЗМ. № 5
ИЗМ. № 6
ИЗМ. № 7
ИЗМ. № 8
ИЗМ. № 9
ИЗМ. № 10
ИЗМ. № 11
ИЗМ. № 12
ИЗМ. № 13
ИЗМ. № 14
ИЗМ. № 15
ИЗМ. № 16
ИЗМ. № 17
ИЗМ. № 18
ИЗМ. № 19
ИЗМ. № 20
ИЗМ. № 21
ИЗМ. № 22
ИЗМ. № 23
ИЗМ. № 24
ИЗМ. № 25
ИЗМ. № 26
ИЗМ. № 27
ИЗМ. № 28
ИЗМ. № 29
ИЗМ. № 30
ИЗМ. № 31
ИЗМ. № 32
ИЗМ. № 33
ИЗМ. № 34
ИЗМ. № 35
ИЗМ. № 36
ИЗМ. № 37
ИЗМ. № 38
ИЗМ. № 39
ИЗМ. № 40
ИЗМ. № 41
ИЗМ. № 42
ИЗМ. № 43
ИЗМ. № 44
ИЗМ. № 45
ИЗМ. № 46
ИЗМ. № 47
ИЗМ. № 48
ИЗМ. № 49
ИЗМ. № 50
ИЗМ. № 51
ИЗМ. № 52
ИЗМ. № 53
ИЗМ. № 54
ИЗМ. № 55
ИЗМ. № 56
ИЗМ. № 57
ИЗМ. № 58
ИЗМ. № 59
ИЗМ. № 60
ИЗМ. № 61
ИЗМ. № 62
ИЗМ. № 63
ИЗМ. № 64
ИЗМ. № 65
ИЗМ. № 66
ИЗМ. № 67
ИЗМ. № 68
ИЗМ. № 69
ИЗМ. № 70
ИЗМ. № 71
ИЗМ. № 72
ИЗМ. № 73
ИЗМ. № 74
ИЗМ. № 75
ИЗМ. № 76
ИЗМ. № 77
ИЗМ. № 78
ИЗМ. № 79
ИЗМ. № 80
ИЗМ. № 81
ИЗМ. № 82
ИЗМ. № 83
ИЗМ. № 84
ИЗМ. № 85
ИЗМ. № 86
ИЗМ. № 87
ИЗМ. № 88
ИЗМ. № 89
ИЗМ. № 90
ИЗМ. № 91
ИЗМ. № 92
ИЗМ. № 93
ИЗМ. № 94
ИЗМ. № 95
ИЗМ. № 96
ИЗМ. № 97
ИЗМ. № 98
ИЗМ. № 99
ИЗМ. № 100

Не для коммерческого использования

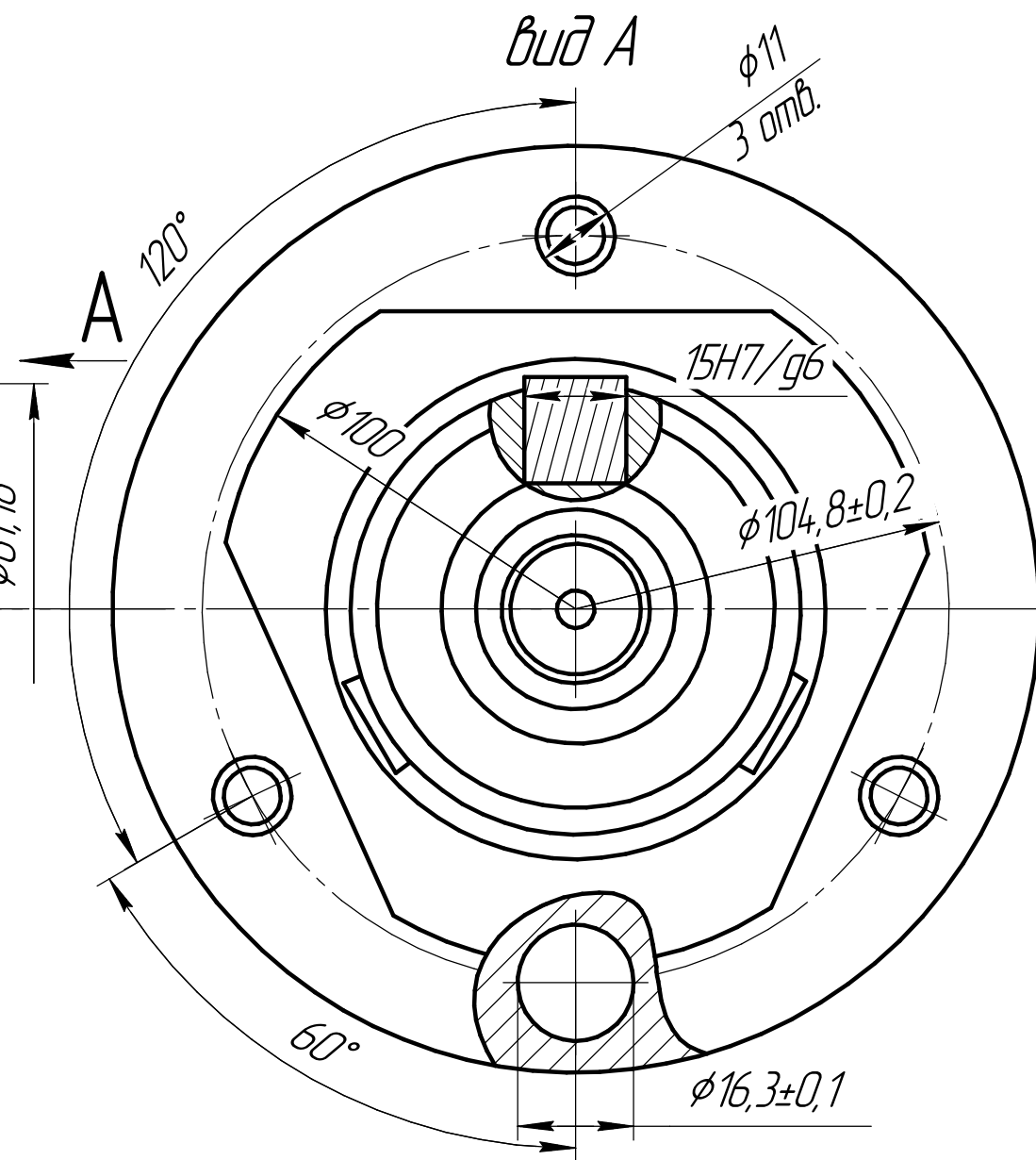
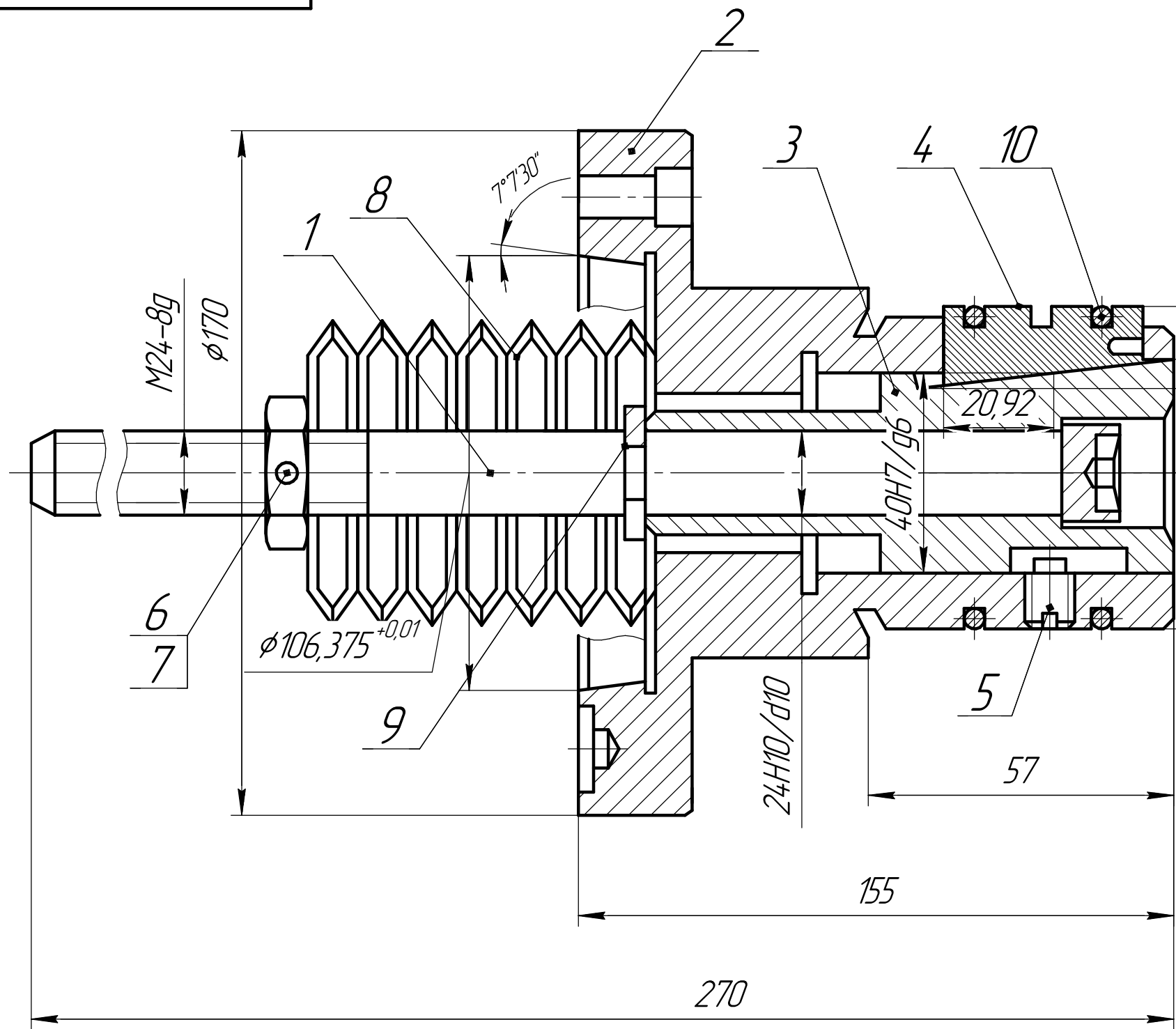
Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Наличие однорез. обработ. сторон	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направлении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режимы обработки		Нормы времени					ИШНПТ-154.А80007.001		
операций	перехода					Режущий	Измери- тельный						Подача		Частота, об/мин	Скорость резания, м/мин	T ₀	T _{0с}	T _{пз}		T _{шт}	T _{шт.к}
													мм/об	мм/мин								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
020	0	Операция 3 (Вертикально-сверлильная) 0. Установить и снять деталь. Установить кондукторную плиту. 1. Сверлить (1) на проход поочередно 3 отверстия, выдерживая размер φ96±0,435 2. Зенковать (2) поочередно 3 отверстия, выдерживая размеры φ96±0,435 и 8 _{-0,36} .		Вертикально-сверлильный станок Модели 1Н125	Кондукторная плита	Сверло и зенкер из быстрорежущей стали Р6М5	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89	1	1	10	24	5	0,25		1000	31	0,36					
	1																0,91	5	1,63			
	2							1	1	13	8	15	0,28		650	26,5	0,24			1,633		
025		Операция 4 (Термическая) Закалить и отпустить до HRC 42...46	√Rz 20	Печь камерного типа ПКМ 4.8.4													1,37	0,06	4	1,56	1,562	
030	0	Операция 5 (Круглошлифовальная) 0. Установить и снять деталь на разжимную оправку. 1. Шлифовать поверхность (1) предварительно, выдерживая размер 24 _{-0,37} ^{+0,07} 2. Шлифовать поверхность (2) окончательно, выдерживая размер 24 _{-0,37} ^{+0,07} .		Круглошлифовальный станок MD 1320B	Разжимная оправка ГОСТ 17531-32	Круг чашечный ГОСТ 2424-83	Микрометр МК100 ГОСТ 6507-90 и калибры-скобы ГОСТ 18360-93	1	7	80,2	56	0,05	4,5	675	150	25	1,2					
	1																1,15	10	3,12			
	2							1	3	80	56	0,05	4,5	675	150	25	0,52			3,125		
035	0	Операция 6 (Внутришлифовальная) 0. Установить и снять деталь. 1. Шлифовать отверстие (1) предварительно, выдерживая размер 60 _{-0,074} ^{+0,074} 2. Шлифовать отверстие (2) окончательно, выдерживая размер 60 _{-0,074} ^{+0,074} .		Внутришлифовальный станок JAGURA. Серия JAG-3JAW (AL1/-AAL1)	Цанговый патрон ГОСТ 24351-80	Круг прямого профиля ПП50х20х16 ГОСТ 2424-83	Индикаторный нутромер цифровой 50-160 и калибры-пробки ГОСТ 14810-69	1	17	61,8	62	0,02	18	3240	180	30	0,67					
	1																1,1	7	2,19			
	2							1	6	62	62	0,02	18	3240	180	30	0,24			2,194		
040	0	Операция 7 (Внутришлифовальная) 0. Установить и снять деталь на разжимную оправку. 1. Шлифовать отверстие (1) предварительно на проход. 2. Шлифовать отверстие (2) окончательно на проход.		Внутришлифовальный станок JAGURA. Серия JAG-3JAW (AL1/-AAL1)	Разжимная оправка ГОСТ 17531-32	Круг прямого профиля ПП180х10х32 ГОСТ 2424-83	Индикаторный нутромер цифровой 50-160 и калибры-пробки ГОСТ 14810-69	1	17	53,8	20	0,02	18	3240	180	30	0,23					
	1																1,1	7	1,54			
	2							1	6	54	20	0,02	18	3240	180	30	0,08			1,544		
													ИШНПТ-154.А80007.001					Лист 3				

Приложение К
(обязательное)
Чертеж разжимной оправки

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

ИШНПТ-154А80007.00.00.03.СБ

Справ. №	Перв. примен.
Изм. №	Изм. №
Взам. инв. №	Инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Изм. №	Изм. №
Взам. инв. №	Инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Изм. №	Изм. №
Взам. инв. №	Инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- 1. $n = 1698,5$ об / мин
- 2. диаметр заготовки 61,2 мм
- 3. Усилие зажима $W = 18$ [кН]
- 4. Осевое усилие пружин на тяге пружина = 27,12 кН
- 5. Максимально допустимый крутящий момент = 99,05 Н/м

ИШНПТ-154А80007.00.00.03.СБ					Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разжимная оправка		
Разраб.	Люд. Силь						
Пров.	Козлов В.Н						
Т.контр.							
Н.контр.					Лист	Листов	1
Утв.					ИШНПТ		
					Группа: 154А61		
					Копировал		
					Формат А3		

Приложение Л
(обязательное)
Спецификация

КОМПАС-3D v18.1 Чедная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		A3			ИШНПТ-154А80007.01.00.00.СБ	Сборочный чертеж		
						Детали		
		A4	1	ИШНПТ-154А80007.01.00.01	Тяга плунжера	1		
		A3	2	ИШНПТ-154А80007.01.00.02	Корпус оправки	1		
		A4	3	ИШНПТ-154А80007.01.00.03	Плунжер	1		
		A4	4	ИШНПТ-154А80007.01.00.04	Кулачок	3		
		A4	5	ИШНПТ-154А80007.01.00.05	Винт	1		
						Стандартные изделия		
			6		Гайка М24-6Н.5 ГОСТ 5915-70	1		
			7		Шплинт 4х28 ГОСТ 397-79	1		
		8		Пружина тарельчатая 1-1-2-60х24х4х1,5 ГОСТ 3057-90	14			
		9		Стопорное кольцо А28 ГОСТ 13942-86	1			
		10		Кольцо пружинное А62 ГОСТ 13942-86	2			
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ИШНПТ-154А80007.01.00.00.СП				
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Разраб.	Ля Синь			Оправка разжимная	Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Козлов.В.Н						1
	Н.контр.					ИШНПТ		
	Утв.					Группа: 154А61		

Приложение М

(обязательное)

Сборочный чертеж разжимной оправки с пневмокамерой

					ИШНПТ-154А80007.004.СБ			
Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разжимная оправка с пневмокамерной		Лист	Масса	Масштаб
Разработ.	Лео Силь							
Пров.	Козлов В.Н							
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.						ИШНПТ		
Утв.						Группа: 154А61		
				Копировал		Формат А2		

Приложение Н
(обязательное)
Спецификации

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
		A2			ИШНПТ-154А80007.004.СБ	Сборочный чертеж		
						Сборочные единицы		
		A3	01		ИШНПТ-154А80007.01.00.00	Оправка разжимная	1	
						Детали		
		A4	1		ИШНПТ-154А80007.001	Штуцер	1	
		A3	2		ИШНПТ-154А80007.002	Корпус камеры правый	1	
		A3	3		ИШНПТ-154А80007.003	Шпиндель	1	
		A4	4		ИШНПТ-154А80007.004	Стальной диск	1	
		A4	5		ИШНПТ-154А80007.005	Крышка камеры	1	
		A4	6		ИШНПТ-154А80007.006	Диафрагма	1	
		A4	7		ИШНПТ-154А80007.007	Шток камеры	1	
		A4	8		ИШНПТ-154А80007.008	Фланцевый кроштейн	1	
		A3	9		ИШНПТ-154А80007.009	Корпус бабки	1	
		A4	10		ИШНПТ-154А80007.010	Удлинитель	1	
		A4	11		ИШНПТ-154А80007.011	Пробка	2	
						Стандартные изделия		
			12			Пружина 1086-1167	1	
						ГОСТ 18793-80		
			13			Пружина 1086-1111	1	
						ГОСТ 18793-80		
		ИШНПТ-154А80007.004.СП						
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
		Разраб.	Лю Синь					
		Пров.	Козлов В.Н					
		Н.контр.						
		Утв.						
		Оправка разжимная с пневмокамерой					Лит.	Лист
								1
							ИШНПТ Группа: 154А61	
							2	

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата